

Stephen Jay Gould

**Darwin
nach Darwin**

**Naturgeschichtliche
Reflexionen**

Ullstein Materialien





Ullstein Materialien

Ullstein Materialien
Ullstein Buch Nr. 35207
im Verlag Ullstein GmbH,
Frankfurt/M – Berlin – Wien
Amerikanischer Originaltitel:
Ever since Darwin
Übersetzt von Henriette Beese

Deutsche Erstausgabe

Umschlagentwurf:
Kurt Weidemann
Alle Rechte vorbehalten
Copyright © 1977 by Stephen Jay Gould
© 1973, 1974, 1975, 1976, 1977 by the
American Museum of Natural History
Deutsche Ausgabe © 1984 by
Verlag Ullstein GmbH,
Frankfurt/M – Berlin – Wien
Printed in Germany 1984
Gesamtherstellung:
Ebner Ulm
ISBN 3 548 35207 3

Oktober 1984

CIP-Kurztitelaufnahme
der Deutschen Bibliothek

Gould, Stephen Jay:

Darwin nach Darwin: naturgeschichtl.
Reflexionen / Stephen Jay Gould. [Übers.
von Henriette Beese]. – Dt. Erstausg. –
Frankfurt/M; Berlin; Wien: Ullstein,
1984.

(Ullstein-Buch; Nr. 35207: Ullstein-
Materialien)

Einheitssacht.: Ever since Darwin <dt.>

ISBN 3-548-35207-3

NE: GT

Stephen Jay
Gould

Darwin nach Darwin

Naturgeschichtliche
Reflexionen

Mit 17 Abbildungen

Ullstein Materialien

Für meinen Vater,
der mich mitnahm, um den
Tyrannosaurus anzuschauen,
als ich fünf war.

Anmerkung der Übersetzerin:

Da essayistischerweise in diesen Texten
die Zitate nicht nachgewiesen sind,
habe ich sie neu übersetzt bzw. zum Teil
rückübersetzt. Die Originaltexte habe
ich gesucht und gefunden, wo es sich um
Zitate von Freud, Engels, Marx und
Goethe sowie Shakespeare (in der
Schlegel-Übersetzung) handelt.

Inhalt

| | |
|--|-----|
| Prolog | 7 |
| I Darwiniana | 14 |
| 1 Darwins Verspätung | 14 |
| 2 Darwins Wandel zur See oder: Fünf Jahre an der Kapitänstafel | 20 |
| 3 Darwin am Scheideweg: Die Odyssee der Evolution | 26 |
| 4 Darwins unzeitiges Begräbnis | 30 |
| II Menschliche Evolution | 38 |
| 5 Eine Rangfrage | 38 |
| 6 Verzweigungen und Stufen in der menschlichen Evolution | 44 |
| 7 Das Kind als wahrer Vater des Mannes | 51 |
| 8 Menschliche Säuglinge als Embryos | 57 |
| III Sonderbare Organismen und Beispiele der Evolution | 64 |
| 9 Der fehlbenannte, fehlbehandelte und fehlverstandene Irische Elch | 64 |
| 10 Organische Weisheit oder: Warum soll eine Fliege ihre Mutter von innen auffressen? | 75 |
| 11 Von Bambus, Zikaden und der Ökonomie des Adam Smith | 81 |
| 12 Das Problem der Vervollkommnung oder: Wie kann eine Muschel ihr hinteres Ende mit einem Fisch ausstatten? | 86 |
| IV Strukturen und Einschnitte in der Geschichte des Lebens | 94 |
| 13 Das Fünfeck des Lebens | 94 |
| 14 Ein unbesungener einzelliger Held | 99 |
| 15 Ist die kambrische Explosion eine täuschend sigmoide Freude? | 106 |
| 16 Das große Sterben | 114 |
| V Theorien über die Erde | 119 |
| 17 Der schmutzige kleine Planet von Hochwürden Burnet | 119 |
| 18 Gleichförmigkeit und Katastrophe | 124 |
| 19 Velikovsky im Zusammenstoß | 130 |
| 20 Der Nachweis der Kontinentalverschiebung | 136 |

| | |
|--|-----|
| VI Größe und Gestalt, von Kirchen über Hirne zu Planeten | 144 |
| 21 Größe und Gestalt | 144 |
| 22 Taxierung der menschlichen Intelligenz | 150 |
| 23 Geschichte des Wirbeltierhirns | 157 |
| 24 Größe und Oberfläche von Planeten | 162 |
| VII Die Naturwissenschaft in der Gesellschaft – eine historische Betrachtung | 169 |
| 25 Von Helden und Narren in der Naturwissenschaft | 169 |
| 26 Die Haltung macht den Menschen aus | 174 |
| 27 Rassismus und Rekapitulation | 180 |
| 28 Der Kriminelle als Fehler der Natur oder: Der Affe in einigen von uns | 188 |
| VIII Wissenschaft und Politik der menschlichen Natur | 195 |
| <i>Teil A Rasse, Geschlecht und Gewalt</i> | 195 |
| 29 Warum wir menschliche Rassen nicht benennen sollten – eine biologische Betrachtung | 195 |
| 30 Die Nichtwissenschaft von der menschlichen Natur | 201 |
| 31 Rassistische Argumentation und Intelligenzquotient | 206 |
| <i>Teil B Soziobiologie</i> | 211 |
| 32 Biologische Potentialität contra biologischer Determinismus | 211 |
| 33 Ein Tier, so klug und freundlich | 220 |
| Epilog | 229 |
| Bibliographie | 233 |

PROLOG

»Hundert Jahre ohne Darwin sind genug«, grollte der bekannte amerikanische Genetiker H. J. Muller im Jahre 1959. Die Bemerkung überraschte viele Zuhörer als eine Art, das hundertjährige Jubiläum der *Entstehung der Arten* zu feiern, die nichts Gutes ahnen ließ, aber niemand konnte die Wahrheit bestreiten, die sich in dieser frustrierten Feststellung ausdrückte.

Warum war Darwin so schwer zu begreifen? Innerhalb eines Jahrzehnts hatte er die denkende Welt davon überzeugt, daß so etwas wie Evolution stattgefunden hat, aber seine eigene Theorie der natürlichen Auslese wurde zu seinen Lebzeiten nicht besonders populär. Sie gewann erst in den 1940er Jahren einen gewissen Vorrang, wird aber noch heute, obwohl sie das Mark unserer Evolutionstheorie ausmacht, weithin mißverstanden, mißzitiert und mißbraucht. Die Schwierigkeit kann nicht in einer besonders komplexen logischen Struktur liegen, denn die Grundlage für die natürliche Auslese ist die Einfachheit selbst – zwei unbestreitbare Tatsachen und eine unausweichliche Schlußfolgerung:

1. Organismen variieren, und diese Variationen werden (zumindest teilweise) auf ihre Nachkommen vererbt.

2. Organismen bringen mehr Nachkommen hervor, als überleben können.

3. Im Durchschnitt werden jene Nachkommen überleben und sich vermehren, die in jener Richtung variiert haben, die von der Umwelt am stärksten begünstigt wird. Durch natürliche Auslese also werden diese günstigen Variationen in den Populationen gehäuft auftreten. Diese drei Behauptungen stellen sicher, daß die natürliche Auslese funktioniert, aber sie garantieren (allein für sich) ihr nicht die grundlegende Rolle, die Darwin ihr zuschrieb. Das Wesen von Darwins Theorie liegt in seiner Ansicht, daß die natürliche Auslese die schöpferische Kraft der Evolution ist – nicht nur der Henker des Untauglichen. Die natürliche Auslese muß auch den Tauglichen konstruieren; sie muß die Anpassung stufenweise aufbauen, indem sie Generation für Generation den günstigen Teil eines Zufallsspektrums von Variationen bewahrt. Wenn die natürliche Auslese schöpferisch ist, muß die erste Behauptung über die Variation durch zwei zusätzliche Bestimmungen erweitert werden.

Zunächst muß die Variation zufällig sein oder zumindest nicht vor-

zugswise auf Anpassung abzielen. Denn wenn die Variation von vornherein in die richtige Richtung zielt, spielt die Auslese keine schöpferische Rolle, sondern scheidet nur die unglücklichen Individuen aus, die nicht in angemessener Weise variieren. Aus eben diesem Grunde ist der Lamarckismus mit seiner Behauptung, die Lebewesen würden schöpferisch auf ihre Bedürfnisse reagieren und die erworbenen Charakteristika an ihre Nachkommen weitergeben, eine nicht-Darwinsche Theorie. Unser Verständnis der genetischen Mutation legt es nahe, daß Darwin recht hatte, wenn er darauf beharrte, daß die Variation nicht vorgängig in günstige Bahnen gelenkt wird. Evolution ist eine Mischung aus Zufall und Notwendigkeit – Zufall auf der Ebene der Variation, Notwendigkeit im Funktionieren der Auslese. Zweitens muß die Variation im Verhältnis zum Ausmaß des evolutionären Wandels bei der Begründung neuer Arten gering sein. Denn wenn neue Arten auf einmal entstehen, braucht die Auslese nur frühere Bewohner zu entfernen, um einer Verbesserung Raum zu geben, an deren Entstehung sie nicht beteiligt war. Wiederum unterstützt unser genetisches Verständnis Darwins Ansicht, nach der geringe Mutationen das Material des evolutionären Wandels bilden. Es mangelt Darwins scheinbar einfacher Theorie also nicht an subtilen Komplexitäten und zusätzlichen Erfordernissen. Nichtsdestoweniger glaube ich, daß der Stein des Anstoßes bei ihrer Übernahme nicht in ihrer wissenschaftlichen Schwierigkeit liegt, sondern eher im radikalen philosophischen Gehalt von Darwins Botschaft – in ihrer Herausforderung gegenüber einem Ensemble von festverwurzelten abendländischen Haltungen, die wir noch nicht aufzugeben bereit sind.

1. Zunächst Darwins Argument, daß die Evolution kein Ziel verfolgt. Die Individuen kämpfen darum, die Repräsentation ihrer Gene in künftigen Generationen zu vermehren, und das ist alles. Wenn die Welt irgendeine Harmonie und Ordnung aufweist, so ist diese nur ein zufälliges Ergebnis der Individuen auf ihrer Suche nach dem eigenen Vorteil – die Ökonomie von Adam Smith, übertragen auf die Natur.

2. Zweitens beharrte Darwin darauf, daß die Evolution keine Richtung verfolgt; sie führt nicht unvermeidlich zu höheren Stufen. Organismen passen sich ihrer Umgebung besser an, und das ist alles. Die »Degeneration« eines Parasiten ist ebenso vollkommen wie die Gangart der Gazelle. Drittens wandte Darwin eine konsequent materialistische Philosophie auf seine Deutung der Natur an. Materie ist der Grund aller Existenz; Gemüt, Geist und gleichermaßen Gott sind bloß Wörter, welche die wunderbaren Ergebnisse der Komplexität der Nervenzellen bezeichnen. Thomas Hardy drückte, als Fürsprecher

der Natur, seine Trauer über den Anspruch aus, daß Ziel, Richtung und Geist verbannt worden waren:

Als ich in der Dämmerung sie mit mir nahm,
Teich und Feld und Herde und den einen Baum,
Schienen sie mich anzustarren
Wie bestrafte Kinder, stumm im Klassenzimmer;
Auf ihren Lippen regt sichs nur noch
(Als sei es einst ein klarer Ruf gewesen
Und nunmehr kaum gehaucht):

»Wir fragen uns, wir fragen immer wieder, warum sind wir denn hier.«

Ja, nach Darwin ist die Welt verändert. Aber nicht weniger aufregend, belehrend oder erhebend als zuvor; denn wenn wir kein Ziel in der Natur finden können, müssen wir es selbst bestimmen. Darwin war keineswegs ein moralischer Tölpel; er machte sich nur nicht die Mühe, der Natur alle tiefen Vorurteile des westlichen Denkens anzulasten. Tatsächlich möchte ich meinen, daß der wahre Darwinsche Geist unsere erschöpfte Welt retten könnte, indem er ein Lieblingsmotiv der westlichen Arroganz bestreitet – daß wir dazu bestimmt seien, Kontrolle und Herrschaft über die Erde und ihr Leben auszuüben, weil wir die höchsten Produkte eines vorweg geordneten Prozesses wären.

Jedenfalls müssen wir mit Darwin zurechtkommen. Und zu diesem Zweck müssen wir sowohl seine Anschauungen als auch ihre Implikationen verstehen. All die verstreuten Essays dieses Buches widmen sich der Untersuchung »dieser Lebensanschauung«, wie Darwin selbst seine neue Welt der Evolution nannte.

Die Essays, geschrieben in den Jahren 1974–77, erschienen ursprünglich in meiner monatlichen Kolumne mit dem Titel »Diese Lebensanschauung« in *Natural History Magazine*. Ihre Themen reichen von der planetarischen und geologischen bis zur sozialen und politischen Geschichte, aber sie werden (zumindest in meinem Kopf) vom roten Faden der Evolutionstheorie – in Darwins Version – zusammengehalten. Ich bin Vermittler, nicht Universalgenie; was ich von Planeten und Politik weiß, liegt an ihren Berührungspunkten mit der biologischen Evolution.

Die journalistische Weisheit, daß man mit der Zeitung von gestern den Müll von heute einwickelt, habe ich nicht vergessen. Und ich habe auch die Raserei nicht vergessen, mit der unsere Wälder gestraft werden, um redundante und unzusammenhängende Aufsatzsammlungen zu veröffentlichen; denn wie Lorax von Dr. Seuss liebe ich den

Gedanken, für die Bäume zu sprechen. Abgesehen von der Eitelkeit besteht meine einzige Entschuldigung für die Sammlung dieser Essays in der Beobachtung, daß viele Leute sie mögen (und ebenso viele Leute sie mißbilligen), sowie in dem Eindruck, daß sie aufgrund eines gemeinsamen Motivs zusammenhängen – nämlich der Darwinschen evolutionären Perspektive als Gegengift zu unserer kosmischen Arroganz.

Der erste Abschnitt erforscht Darwins Theorie selbst, insbesondere die radikale Philosophie, die H. J. Mullers Klage hervorrief. Evolution ist ziellos, materialistisch und nicht progressiv. Ich gehe das schwere Thema mittels einiger unterhaltsamer Rätsel an: Wer war der Naturforscher der Beagle (nicht Darwin); warum gebrauchte Darwin das Wort »Evolution« nicht; und warum wartete er einundzwanzig Jahre, bis er seine Theorie publizierte?

Die Anwendung des Darwinismus auf die menschliche Evolution bildet den zweiten Abschnitt. Ich versuche, gleichermaßen unsere Einzigartigkeit und unsere Einheit mit anderen Geschöpfen zu unterstreichen. Unsere Einzigartigkeit entstammt dem Wirken normaler evolutionärer Prozesse, nicht irgendeiner Prädisposition in Richtung aufs Höhere.

Im dritten Abschnitt beschäftige ich mich mit einigen komplexen Themen der Evolutionstheorie, mittels ihrer Anwendung auf bestimmte Organismen. Auf einer Ebene handeln diese Essays von Wild mit Riesengeweihen, von Fliegen, die ihre Mutter von innen her auffressen, Muscheln, die an ihrem hinteren Ende Scheinfische entwickeln und Bambusarten, die alle 120 Jahre blühen. Auf einer anderen Ebene behandeln sie die Themen der Anpassung, der Vollkommenheit und scheinbaren Sinnlosigkeit.

Der vierte Abschnitt dehnt die Evolutionstheorie auf eine Erkundung von wiederkehrenden Mustern in der Geschichte des Lebens aus. Wir finden nicht die Erzählung von einem stetigen Fortschritt, sondern eine Welt, die von Perioden der Massenvernichtung und raschen Vermehrung skandiert wird, zwischen langen Strecken relativer Ruhe. Ich konzentriere mich auf die zwei größten Einschnitte – die »Explosion« im Kambrium, die vor etwa 600 Millionen Jahren in den meisten komplexen Formen von tierischem Leben ausbrach, und die Vernichtung im Perm, die vor 225 Millionen Jahren die Hälfte der Familien wirbelloser Meerestiere ausradierte.

Von der Geschichte des Lebens gehe ich zu der seines Aufenthaltsortes, unserer Erde über (fünfter Abschnitt). Ich diskutiere sowohl die einstigen Helden (Lyell) als auch die modernen Häretiker (Veli-

kovsky), die sich mit der allgemeinsten Frage unter allen abgemüht haben – hat die geologische Geschichte eine Richtung; vollzieht sich der Wandel langsam und stetig oder rasch und katastrophisch; wie verteilt sich die Geschichte des Lebens auf die Geschichte der Erde? Ich sehe eine mögliche Lösung einiger dieser Fragen in der »neuen Geologie« der Plattentektonik und der Kontinentalverschiebung.

Der sechste Abschnitt versucht, Erkenntnisse aus der Betrachtung des Kleinen zu gewinnen. Ich nehme ein einzelnes, einfaches Prinzip – der Einfluß der Größe selbst auf die Gestalt eines Gegenstandes – und lege dar, daß es sich auf einen erstaunlich großen Bereich von Entwicklungsphänomenen anwenden läßt. In diese Überlegungen sind die Evolution der Oberflächen von Planeten, die Gehirne von Wirbeltieren und die charakteristischen Unterschiede in der Gestalt von kleinen und großen mittelalterlichen Kirchen einbezogen.

Den siebten Abschnitt mögen manche Leser als Bruch in der Abfolge empfinden. Bis hierher habe ich die allgemeinen Muster von Leben und Erde von den Grundprinzipien herab zu ihren spezifischen Anwendungen und wieder zum Generellen hinauf dargelegt. Jetzt gehe ich zur Geschichte des evolutionären Denkens über, insbesondere zum Einfluß gesellschaftlicher und politischer Ansichten auf die angeblich »objektive« Wissenschaft. Aber ich betrachte den Abstand nicht als so weit – es geht nur um einen weiteren Nadelstich gegen die wissenschaftliche Arroganz, verbunden mit einer politischen Aussage. Naturwissenschaft ist nicht ein unaufhaltsamer Marsch auf die Wahrheit zu, vermittelt durch das Sammeln objektiver Informationen und das Zerstören einstigen Aberglaubens. Naturwissenschaftler spiegeln wie normale menschliche Wesen die gesellschaftlichen und politischen Zwänge ihrer Zeit in ihren Theorien wider. Als privilegierte Mitglieder der Gesellschaft neigen sie allzu oft dazu, die existierende Gesellschaftsordnung als biologisch vorherbestimmt zu verteidigen. Ich diskutiere dies Thema anhand einer obskuren Debatte in der Embryologie des 18. Jahrhunderts, an Engels' Anschauungen über die menschliche Evolution, Lombrosos Theorie der angeborenen Kriminalität und einer verworrenen Geschichte aus den Katakomben des wissenschaftlichen Rassismus.

Der letzte Abschnitt verfolgt dasselbe Thema, jedoch innerhalb der gegenwärtigen Diskussion über die »menschliche Natur« – die wichtigste Wirkungsart einer mißbrauchten Evolutionstheorie auf die Sozialpolitik. Der erste Unterabschnitt kritisiert als politisches Vorurteil jenen biologischen Determinismus, der uns in letzter Zeit mit mörderischen Affen als Vorfahren überflutet hat, mit angeborener

Aggression und angeborenen Gebietsansprüchen, mit der weiblichen Passivität als Diktat der Natur, rassischen Unterschieden des Intelligenzquotienten usw. Ich zeige auf, daß es für alle diese Behauptungen keine Beweise gibt und daß sie nur die letzte Verkörperung einer langen und traurigen Geschichte in der westlichen Ideologie sind – das Opfer wird mit dem Stempel der biologischen Unterlegenheit gezeichnet, die »Biologie als Komplize« benutzt, wie Condorcet es ausdrückte. Der zweite Unterabschnitt handelt sowohl von meinem Vergnügen als auch von meinem Unbehagen an dem jüngst getauften Studium der »Soziobiologie« und seinem Versprechen einer neuen Darwinschen Beschreibung der menschlichen Natur. Ich vermute, daß die meisten Behauptungen aus diesem Bereich unhaltbare Spekulationen nach deterministischem Muster sind, aber ich halte die Darwinschen Erklärungen des Altruismus aus diesem Denken für wertvoll – als Unterstützung meiner Ansicht, daß die Vererbung uns mit Flexibilität ausgestattet hat und nicht mit einer rigiden gesellschaftlichen Struktur, die von der natürlichen Auslese gelenkt wäre. Die Essays wurden gegenüber ihrem ursprünglichen Status als Kolumnen in *Natural History Magazine* nur geringfügig verändert – ich habe Irrtümer berichtigt, provinzielle Anspielungen entfernt und die Informationen auf den neuesten Stand gebracht. Ich habe versucht, das Schreckgespenst jeder Essay-Sammlung, die Redundanz, zu bekämpfen, mein editorisches Messer jedoch im Zaum gehalten, wenn es den Zusammenhang eines einzelnen Textes bedrohte. Wenigstens kann ich sagen, daß ich nicht zweimal das gleiche Zitat benutze. Schließlich möchte ich meinen von Herzen kommenden Dank gegenüber dem Herausgeber Alan Ternes und den Lektoren Edelstein und Gordon Beckhorn ausdrücken. Sie haben mich durch ein Gewimmel kaputter Buchstaben geleitet und im Redigieren Enthaltsamkeit, Geduld und eine äußerst zarte Hand gezeigt. Alan indessen ist an all den verfänglichen Titeln schuld – insbesondere an der täuschend sigmoiden Freude von Kapitel 15.

Sigmund Freud drückte ganz wie ein normaler Sterblicher die unabwendliche Wirkung der Evolution auf das menschliche Leben und Denken aus, als er schrieb:

»Zwei große Kränkungen ihrer naiven Eigenliebe hat die Menschheit im Laufe der Zeiten von der Wissenschaft erdulden müssen. Die erste, als sie erfuhr, daß unsere Erde nicht der Mittelpunkt des Weltalls ist, sondern ein winziges Teilchen eines in seiner Größe kaum vorstellbaren Weltsystems . . . Die zweite dann, als die biologische Forschung das angebliche Schöpfungsvorrecht des Menschen

zunichte machte, ihn auf die Abstammung aus dem Tierreich und die Unvertilgbarkeit seiner animalischen Natur verwies.«

Ich schlage vor, daß diese Verweisung zugleich unsere größte Hoffnung fürs Überleben auf unserer fragilen Erde ist. Möge »diese Lebensanschauung« ein zweites Jahrhundert lang blühen und uns helfen, zugleich die Grenzen und die Lehren des wissenschaftlichen Verstehens zu begreifen – da wir uns doch wie Thomas Hardys Felder und Bäume nach wie vor fragen, warum wir hier sind.

I DARWINIANA

1 Darwins Verspätung

Es gibt nur wenige Ereignisse, die in stärkerem Maße die Spekulation anregen als lange und unerklärte Pausen in der Tätigkeit berühmter Persönlichkeiten. Rossini krönte seine glänzende Opernkarriere mit *Wilhelm Tell* und schrieb dann in den nächsten fünfunddreißig Jahren fast nichts mehr. Dorothy Sayers verließ Lord Peter Wimsey auf dem Höhepunkt seiner Popularität und wandte sich statt dessen Gott zu. Charles Darwin entwickelte im Jahre 1838 eine radikale Evolutionstheorie und veröffentlichte sie erst einundzwanzig Jahre später und auch das nur, weil A. R. Wallace im Begriff war, ihm zuvorzukommen.

Die fünfjährige Erfahrung mit der Natur an Bord der *Beagle* zerstörte Darwins Glauben an die Unveränderlichkeit der Arten. Im Juli 1837, kurz nach der Reise, begann er sein erstes Notizbuch über die »Transmutation«. Er war bereits davon überzeugt, daß Evolution stattgefunden habe, und suchte nun nach einer Theorie, um ihren Mechanismus zu erklären. Nach vielen vorgängigen Spekulationen und einigen erfolglosen Hypothesen kam er bei der Lektüre eines Buches, das scheinbar nichts mit seiner Arbeit zu tun hatte und für ihn eher der Ablenkung diene, zu seiner zentralen Einsicht. Später schrieb er in seiner Autobiographie:

Im Oktober 1838... las ich zufällig zum Vergnügen Malthus über die *Bevölkerung*, und da ich durch die langfristige Beobachtung des Verhaltens von Tieren und Pflanzen schon darauf vorbereitet war, den Existenzkampf wahrzunehmen, der überall stattfindet, kam mir plötzlich die Einsicht, daß unter diesen Bedingungen die günstigen Variationen dazu neigen würden, erhalten zu werden, und die ungünstigen dazu, vernichtet zu werden. Das Ergebnis dieses Vorgangs würde die Bildung einer neuen Art sein.

Darwin hatte schon seit langem erkannt, wie wichtig die künstliche Zuchtwahl ist, die Tierzüchter durchführen. Aber bevor Malthus' Vision von Kampf und Überfüllung als Katalysator für seine Gedanken wirkte, war er nicht in der Lage gewesen, ein Agens der natürlichen Zuchtwahl auszumachen. Wenn alle Wesen mehr Nachkommen produzieren, als überleben können, dann mußte die Evolution von der Natur einfach so gelenkt werden, daß die Überlebenden im Durchschnitt den herrschenden Lebensbedingungen besser angepaßt sind.

Darwin wußte, was er erreicht hatte. Wir können sein Zögern nicht darauf zurückführen, er habe die Größe seiner Errungenschaft nicht erkannt. Im Jahre 1842 und noch einmal 1844 schrieb er vorläufige Skizzen seiner Theorie und ihrer Implikationen nieder. Und er hinterließ auch genaue Anweisungen für seine Frau, nach denen von all seinen Manuskripten nur diese veröffentlicht werden sollten, falls er vor der Abfassung seines Hauptwerks sterben sollte.

Warum dann also wartete er mehr als zwanzig Jahre ab, bevor er seine Theorie veröffentlichte? Sicherlich, der Rhythmus des Lebens hat sich heutzutage derart beschleunigt – und unter anderen Opfern die Kunst des Gesprächs und das Baseball-Spiel hinter sich gelassen –, daß wir oft einen normalen Zeitraum der Vergangenheit als ein größeres Stück Ewigkeit mißverstehen. Aber die Lebensspanne eines Menschen ist ein konstanter Maßstab; zwanzig Jahre sind noch immer die Hälfte einer gewöhnlichen wissenschaftlichen Laufbahn – auch nach den gemächlicheren viktorianischen Gepflogenheiten ein ziemlicher Brocken Lebenszeit.

Die konventionelle wissenschaftliche Biographie ist, wo sie große Denker betrifft, eine bemerkenswert irreführende Informationsquelle. Gemeinhin stellt sie diese als einfache, rationale Maschinen dar, die ihren Einsichten mit stetiger Hingabe folgen, unter dem Drang eines inneren Mechanismus, der keinem anderen Einfluß als dem der objektiven Daten unterworfen ist. So wartete Darwin also zwanzig Jahre ab – meint man gewöhnlich –, weil sein Werk einfach noch nicht vollständig war. Er war mit seiner Theorie zufrieden, aber eine Theorie allein ist billig zu haben. So war er entschlossen, nicht eher zu publizieren, als bis er ein überwältigendes Dossier zu ihrer Unterstützung angesammelt hätte, und dies dauerte natürlich eine lange Zeit.

Aber Darwins Tätigkeiten während jener zwanzig Jahre zeigen, wie unzutreffend eine solche traditionelle Vorstellung ist. Insbesondere widmete er acht Jahre der Abfassung von vier dicken Bänden über die Taxonomie und Naturgeschichte der Entenmuscheln. Zur Erläuterung dieses Faktums haben die Traditionalisten nur Quark anzubieten – etwa nach dem Motto: Darwin hatte das Gefühl, er müsse die Arten erst genau verstehen, bevor er das Prinzip ihres Wandels verkünden könne; dies habe er nur tun können, indem er selbst die Klassifikation einer schwierigen Gruppe von Organismen erarbeitete – aber doch wohl nicht acht Jahre lang, und nicht, während er über dem revolutionärsten Begriff in der Geschichte der Biologie brütete. Darwins eigene Einschätzung der vier Bände findet sich in seiner Autobiographie.

graphie:

Abgesehen davon, daß ich einige neue und bemerkenswerte Formen entdeckte, stellte ich die Homologien zwischen den verschiedenen Teilen fest . . . und bewies die Existenz gewisser Gattungen von winzigen männlichen Exemplaren, die zu den zwiegeschlechtlichen Komplemente bilden und als ihre Parasiten leben . . . Nichtsdestoweniger bezweifle ich, daß die Arbeit es wert war, derart viel Zeit zu verschlingen.

Ein so komplexes Thema wie die Motivation für Darwins Verspätung kann keine ganz einfache Lösung haben, aber einer Sache bin ich sicher: die negativen Auswirkungen einer Angst müssen eine mindestens ebenso große Rolle gespielt haben wie das positive Bedürfnis nach zusätzlichen Belegen. Wovor also hatte Darwin Angst?

Als Darwin seine malthusianische Einsicht gewann, war er neunundzwanzig Jahre alt. Beruflich nahm er keine Position ein, aber an Bord der *Beagle* hatten ihn die Kollegen wegen seiner scharfsinnigen Arbeit bewundert. Es lag ihm nicht, eine verheißungsvolle Karriere zu gefährden, indem er eine Ketzerei vertrat, die er nicht beweisen konnte.

Worin aber bestand diese Ketzerei? Der Glaube an die Evolution überhaupt, scheint die offensichtliche Antwort zu sein. Aber dies kann nicht der wichtigste Teil der Lösung sein; denn anders als der Volksglaube meint, war der Evolutionsbegriff in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts eine recht weit verbreitete Ketzerei. Er wurde vielerorts offen diskutiert, traf natürlich auf den Widerstand einer großen Mehrheit, fand jedoch die Zustimmung oder zumindest das Interesse der meisten großen Naturforscher.

Zwei außergewöhnliche frühe Notizbücher von Darwin mögen hingegen eine Antwort enthalten (der Text und ein ausführlicher Kommentar finden sich in H. E. Gruber und P. H. Barrett, *Darwin on Man*). Diese M und N genannten Notizbücher entstanden 1838 und 1839, als er die Transmutations-Notizbücher zusammenstellte, welche die Grundlage für die Skizzen von 1842 und 1844 bilden. Sie enthalten seine Gedanken zu Philosophie, Ästhetik, Psychologie und Anthropologie. Als er sie 1856 wieder las, beschrieb er sie als »voll von Moralmetaphysik«. Dazu gehören auch zahlreiche Bemerkungen, an denen sich zeigt, daß er etwas darzustellen wünschte und zugleich fürchtete, was er als weitaus ketzerischer erkannte denn die Evolutionslehre selbst: einen philosophischen Materialismus, das Postulat also, daß die Materie der Stoff jeglicher Existenz ist, daß alle geistigen und seelischen Phänomene nur deren Nebenprodukte sind. Keine

Vorstellung konnte für die am tiefsten verwurzelten Traditionen des westlichen Denkens empörender sein als die Behauptung, das Gemüt – wie komplex und machtvoll auch immer – sei bloß ein Produkt des Gehirns. Man denke etwa an John Miltons Vision von der Seele, getrennt vom Körper, ihm überlegen, den sie für eine gewisse Zeit bewohnt (*Il Penseroso*, 1633):

Laß meine Lampe, zur Stunde der Mitternacht,
Leuchten im hohen, einsamen Turm, auf der Wacht,
Wo ich oftmals den Bären erspähen mag
Mit Hermes, dem dreimal großen, oder mich wag
In die Kreise von Platons Geist, zu entfalten
Die Welten und weiten Räume, enthalten
In der unsterblichen Seele, die ausersah
Ihren Wohnsitz im sterblichen Winkel da.¹

Die Notizbücher beweisen es, Darwin interessierte sich für Philosophie und gewahrte ihre Implikationen. Er wußte, daß sich seine Theorie in erster Linie dadurch von allen anderen Evolutionstheorien unterschied, daß sie mit einem kompromißlosen philosophischen Materialismus verknüpft war. Andere Verfechter der Evolution sprachen von Lebenskräften, von zielgerichteter Geschichte, von organischem Sterben und von der essentiellen Unabhängigkeit des Geistes – eine prächtige Begriffsrüstung, welche das traditionelle Christentum als Kompromiß akzeptieren konnte, erlaubten sie es doch dem christlichen Gott, wenn schon nicht durch die Schöpfung, so doch durch die Entwicklung zu wirken. Darwin aber sprach nur von Durchschnittsvariation und natürlicher Zuchtwahl.

In den Notizbüchern wendete Darwin seine materialistische Evolutionstheorie energisch auf alle Erscheinungen des Lebens an, einschließlich dessen, was er »die Zitadelle selbst« nannte – den menschlichen Geist. Und wenn der Geist außerhalb des Hirns nicht wirklich existiert, kann Gott dann etwas anderes als eine Illusion sein, erfunden von einer Illusion? In einem der Transmutations-Notizbücher schrieb er:

¹ »Der Bär« bezieht sich auf das Sternbild Ursa major (der große Bär), das uns besser durch seine vier Eckpunkte und die Deichsel bekannt ist – der große Wagen. Der »dreimal große Hermes« ist Hermes Trismegistos (der griechische Name für Thoth, den ägyptischen Gott des Wissens). Die »hermetischen Bücher«, deren Autor Thoth sein sollte, sind eine Sammlung metaphysischer und magischer Schriften, die im siebzehnten Jahrhundert einen starken Einfluß ausübte. Für manche Denker waren sie gemeinsam mit dem Alten Testament eine wichtige Quelle vorchristlicher Weisheit. Ihr Ansehen sank, als sie sich als Produkt des alexandrinischen Griechentums herausstellten, aber sie überleben in verschiedenen Lehren der Rosenkreuzer sowie in unserem Ausdruck »hermetisch versiegelt«.

Liebe zur Gottheit Effekt der Organisation, o du Materialist! . . . Warum ist das Denken als Absonderung des Hirns erstaunlicher denn die Schwerkraft als Eigenschaft der Materie? Nur durch unsere Arroganz, unsere Selbstbewunderung.

Dieser Gedanke war so ketzerisch, daß er ihn selbst in der *Entstehung der Arten* beiseite ließ und nur die dunkle Bemerkung wagte, er werde »ein Licht auf den Ursprung des Menschen und seine Geschichte fallen«. Er gab seinen Überzeugungen erst Ausdruck, als er sie nicht mehr länger verbergen konnte, in der *Abstammung des Menschen* (1871) und dem *Ausdruck der Gemütsbewegungen bei dem Menschen und den Tieren* (1872). A. R. Wallace, der Mitentdecker der natürlichen Zuchtwahl, konnte es nie übers Herz bringen, diese auch auf die menschliche Seele anzuwenden, die er als einzigen göttlichen Beitrag zur Geschichte des Lebens betrachtete. Darwin aber strich zweitausend Jahre Philosophie und Religion durch, etwa in dem höchst bemerkenswerten Aphorismus aus dem Notizbuch M:

Platon sagt im *Phaidon*, daß unsere »imaginären Ideen« aus der Präexistenz der Seele herrühren, nicht aus der Erfahrung ableitbar sind – was die Präexistenz betrifft, so lese man die Affen.

In seinem Kommentar zu den Notizbüchern M und N bezeichnet Gruber den Materialismus als »zu jener Zeit extravaganter als die Evolution«. Er belegt die Verfolgung materialistischer Überzeugungen Ende des 18. und zu Beginn des 19. Jahrhunderts und faßt zusammen:

In praktisch jedem Zweig der Wissenschaft wurden repressive Maßnahmen angewendet: Vorlesungen wurden verboten, Veröffentlichungen behindert, Professuren verweigert, finstere Beleidigungen und Verhöhnungen erschienen in der Presse. Gelehrte und Wissenschaftler lernten ihr Pensum und reagierten darauf. Diejenigen, die unpopuläre Vorstellungen hatten, widerriefen mitunter, publizierten anonym, stellten ihre Gedanken in abgeschwächter Gestalt dar oder schoben die Veröffentlichung viele Jahre lang auf.

Darwin hatte als Student an der Universität Edinburgh im Jahre 1827 ein unmittelbares Beispiel erlebt. Sein Freund W. A. Browne hielt vor der Plinian Society einen Vortrag mit materialistischer Perspektive auf Leben und Geist. Nach einer heftigen Debatte wurden alle Hinweise auf Brownes Arbeit, einschließlich des Vermerks (von der vorhergehenden Sitzung) über seine Absicht, sie vorzutragen, aus den Protokollen gestrichen. Darwin lernte sein Pensum, denn er schrieb in Notizbuch M:

Um eine Festlegung zu vermeiden, wie weit ich an den Materialismus glaube, nur sagen, daß Gefühle, Instinkte, Grade der Begabung erblich sind, weil das Hirn des Kindes der elterlichen Abstammung ähnelt.

Die glühendsten Materialisten des 19. Jahrhunderts, Marx und Engels, erkannten rasch, was Darwin vollbracht hatte, und beuteten den radikalen Gehalt seiner Arbeit aus. Im Jahre 1860 schrieb Marx an Engels über Darwins *Entstehung*:

Ogleich grob englisch entwickelt, ist dies das Buch, das die naturhistorische Grundlage für unsere Ansicht enthält.

Später machte Marx das Angebot, den zweiten Band des *Kapital* Darwin zu widmen, dieser lehnte aber freundlich ab und meinte, er wolle nicht den Eindruck der Zustimmung zu einem Werk erwecken, das er nicht gelesen habe. (In seiner Bibliothek in Down House habe ich sein Exemplar des ersten Bandes gesehen. Es enthält eine handschriftliche Widmung von Marx, der sich einen »sincere admirer« – »ehrlichen Bewunderer« – von Darwin nennt. Die Seiten sind nicht aufgeschnitten. Darwin war kein Anhänger der deutschen Sprache.) Tatsächlich war Darwin ein sanfter Revolutionär. Er verzögerte das Erscheinen seines Werkes nicht nur so erstaunlich lange, sondern er vermied auch beharrlich irgendeine öffentliche Erklärung über die philosophischen Implikationen seiner Theorie. An Karl Marx schrieb er 1880:

Es scheint mir (zu Recht oder zu Unrecht), daß direkte Argumente gegen das Christentum oder den Theismus kaum irgendeine Wirkung auf die Öffentlichkeit ausüben; und daß die Freiheit des Denkens am besten durch die schrittweise Aufklärung der menschlichen Erkenntnis befördert wird, die aus dem Fortschritt der Wissenschaft folgt. Daher habe ich es stets vermieden, über die Religion zu schreiben, und mich auf die Wissenschaft beschränkt.

Aber der Gehalt seiner Arbeit brach auf so radikale Weise mit dem traditionellen westlichen Denken, daß wir sie immer noch nicht in ihrer Gesamtheit erfaßt haben. Arthur Koestlers Kampagne gegen Darwin etwa beruht auf dem Zögern, Darwins Materialismus anzunehmen und dem brennenden Wunsch, die lebende Materie erneut mit irgendeiner ganz besonderen Eigenschaft auszustatten (vgl. z. B. *Der Krötenesser*, Wien/München/Zürich, 1972). Das kann ich, ehrlich gesagt, nicht verstehen. Staunen und Wissen müssen gleichermaßen gepflegt werden. Aber sollen wir die Schönheit der Natur geringer schätzen, weil ihre Harmonie nicht geplant ist? Und soll das Potential des Geistes weniger Furcht und Schrecken

einflößen, weil ein paar Milliarden Neuronen in unserem Schädel wohnen?

2 Darwins Wandel zur See oder: Fünf Jahre an der Kapitänstafel

Groucho Marx pflegte das Publikum mit so übertrieben leichten Fragen zu erfreuen wie »Wer liegt in Grants Grab?« Aber das scheinbar Offenkundige ist oft trügerisch. Wenn ich mich recht erinnere, ist die Antwort auf: »Wer entwickelte die Monroe-Doktrin?« John Quincey Adams. Die meisten Biologen würden »Charles Darwin« antworten, wenn man sie fragt: »Wer war der Naturforscher an Bord von S.M.S. *Beagle*?« Und damit würden sie falsch liegen. Ich möchte natürlich nicht gleich anfangs zu schockierend tönen. Darwin befand sich an Bord der *Beagle*, und er widmete seine Aufmerksamkeit der Naturgeschichte. Aber er war aus anderen Gründen an Bord gekommen, und der Schiffsarzt, Robert McKormick, hatte ursprünglich den offiziellen Posten des Naturforschers inne. Und dazu gibt es eine Geschichte; nicht bloß eine korinthenkackende Fußnote zur Wissenschaftsgeschichte, sondern eine Entdeckung von einiger Bedeutsamkeit. Der Anthropologe J. W. Gruber hat die Beweise in seinem Artikel »*Who Was the Beagle's Naturalist?*« erbracht, den er 1969 für das *British Journal for the History of Science* schrieb. Und 1975 versuchte der Wissenschaftshistoriker H. L. Burstyn die offensichtlich dazugehörige Frage zu beantworten: Wenn Darwin nicht der Naturforscher der *Beagle* war, warum befand er sich dann an Bord?

Es gibt kein Dokument, das McKormick speziell als den offiziellen Naturforscher identifiziert, aber die Beweiskraft der Begleitumstände ist überwältigend. In der britischen Marine gab es zu jener Zeit eine festgefügte Tradition von Naturforscher-Ärzten, und McKormick war für eine solche Rolle vorgebildet. Er war ein tauglicher, wenn nicht hervorragender Naturforscher und erfüllte seine Aufgaben auf anderen Reisen vorzüglich, darunter bei der antarktischen Expedition von Ross (1839–1843), die dazu diente, die Lage des magnetischen Südpols zu lokalisieren. Überdies fand Gruber einen Brief von dem Naturforscher Robert Jameson aus Edinburgh, der mit der Anrede »My dear Sir« beginnt und vor allem an den Naturforscher der *Beagle* gerichtete Ratschläge für das Sammeln und Präparieren von Exemplaren enthält.

Nach der überlieferten Anschauung könnte niemand anders als Darwin der Empfänger gewesen sein. Glücklicherweise steht der

Name des Adressaten auf dem Originalblatt. Der Brief war an McKormick gerichtet.

Darwin, um die Spannung abzukürzen, segelte als Begleiter des Kapitäns Fitzroy an Bord der *Beagle*. Warum aber sollte ein britischer Kapitän als Begleiter für eine fünfjährige Reise einen Mann mitnehmen, den er erst einen Monat zuvor kennengelernt hatte? Es müssen zwei Eigenarten von Seereisen in den 1830er Jahren gewesen sein, die Fitzroys Entscheidung bestimmten. Zunächst und vor allem: solche Reisen dauerten viele Jahre lang, die Strecken zwischen den Häfen waren lang, und es gab nur wenig postalischen Kontakt mit den Freunden und der Familie zu Hause. Zweitens (wie sonderbar das auch in unserem psychologisch aufgeklärten Jahrhundert erscheinen mag) schrieb es die Tradition der englischen Marine vor, daß der Kapitän so gut wie keinen gesellschaftlichen Kontakt mit irgendjemandem hatte, der in der Stufenleiter des Kommandos unter ihm stand. Er dinierte allein und traf sich mit seinen Offizieren nur, um die Angelegenheiten des Schiffes zu diskutieren und höchst formale und »korrekte« Konversationen zu führen.

Fitzroy war nun, als er mit Darwin aufbrach, erst sechsundzwanzig Jahre alt. Er kannte den psychologischen Tribut, den der dauerhafte Mangel an menschlichem Kontakt von einem Kapitän fordern konnte. Sein Vorgänger auf der *Beagle* war im Winter 1828, dem dritten Jahr, das er unterwegs war, auf der südlichen Halbkugel zusammengebrochen und hatte sich erschossen. Überdies machte sich Fitzroy, wie Darwin selbst in einem Brief an seine Schwester feststellte, über seine »vererbte Disposition« zur Gemütsverwirrung Sorgen. Sein berühmter Onkel, der Viscount Castlereagh (der die irische Rebellion von 1798 niederschlug und während der Verteidigung gegen Napoleon Außenminister war), hatte sich 1822 die Kehle durchgeschnitten. Tatsächlich erlitt Fitzroy einen Zusammenbruch und mußte vorübergehend das Kommando der *Beagle* abgeben – während Darwin krank in Valparaiso lag.

Da Fitzroy kein gesellschaftlicher Kontakt mit dem offiziellen Personal des Schiffes gestattet war, konnte er ihn nur herstellen, wenn er einen »überzähligen« Passagier nach eigener Wahl mitnahm. Aber die Admiralität betrachtete Privatpassagiere, sogar Kapitänsfrauen, mit Stirnrunzeln; auch ein männlicher Begleiter, der keinen anderen definierbaren Zweck hatte, kam nicht in Frage. Fitzroy hatte mehrere Überzählige an Bord – unter anderen einen technischen Zeichner und einen Instrumentenmacher –, aber von ihnen konnte keiner als Gesellschafter dienen, da sie nicht der richtigen sozialen Klasse

angehörten. Fitzroy war Aristokrat, er konnte seine Vorfahren direkt auf König Karl II. zurückführen. Nur ein Gentleman durfte mit ihm die Mahlzeit teilen, und Darwin war zweifellos ein Gentleman. Wie aber sollte Fitzroy einen Gentleman dazu verlocken, ihn auf einer Reise von fünf Jahren Dauer zu begleiten? Offensichtlich nur, indem er eine Gelegenheit für eine rechtfertigende Beschäftigung schuf, der man woanders nicht nachgehen kann. Und da gab es nichts anderes als Naturforschung – selbst wenn die *Beagle* schon einen offiziellen Naturkundler hatte. So erkundigte sich Fitzroy unter seinen aristokratischen Freunden nach einem naturgeschichtskundigen Gentleman. Es handelte sich, wie Burstyn sagt, um »eine höfliche Fiktion zur Erklärung für die Anwesenheit seines Gastes und eine hinreichend attraktive Tätigkeit, um einen Gentleman für eine lange Reise an Bord zu locken«. Darwins Gönner J. S. Henslow verstand vollkommen. Er schrieb an Darwin: »Capt. F. sucht (wenn ich richtig sehe) eher jemanden als Gesellschafter und nicht nur als Sammler.« Darwin und Fitzroy trafen sich, kamen gut miteinander aus, und der Pakt war geschlossen. Darwin segelte als Fitzroys Begleiter, in erster Linie, um bei den Mahlzeiten seinen Tisch zu teilen, fünf lange Jahre hindurch. Fitzroy war im übrigen ein ehrgeiziger junger Mann. Er wollte sich verewigen, indem er einen neuen Qualitätsstandard für Forschungsreisen setzte. (»Ziel der Expedition war es«, schrieb Darwin, »die Kenntnis von Patagonien und Feuerland zu vervollständigen, die Küsten von Chile, Peru und einigen pazifischen Inseln zu erforschen – und eine Kette von chronometrischen Messungen um die Erde herum durchzuführen.«) Indem er die offizielle Mannschaft auf seine eigenen Kosten durch Techniker und Ingenieure erweiterte, benutzte Fitzroy seinen Reichtum und sein Ansehen, um dies Ziel zu erreichen. Ein »überzähliger« Naturforscher paßte gut in seinen Plan, die wissenschaftliche Kapazität der *Beagle* zu verbreitern.

Das Schicksal des armen McKormick war besiegelt. Anfangs hatten Darwin und er zusammengearbeitet, aber ihre Wege trennten sich unvermeidlich. Darwin verfügte über alle Vorteile. Er fand Gehör beim Kapitän. Er hatte einen Diener. In Anlaufhäfen hatte er das Geld, um an Land zu gehen und einheimische Sammler einzustellen, während McKormick an das Schiff und seine offiziellen Pflichten gebunden war. Darwins private Bemühungen überflügelten bald McKormicks amtliche Sammlungen, und McKormick beschloß, angewidert, nach Hause zu fahren. Im April 1832 wurde er in Rio de Janeiro »krank entlassen« und auf S.M.S. *Tyne* nach England nach Hause geschickt. Darwin begriff den Euphemismus und schrieb seiner

Schwester, McKormick sei »krank entlassen, d. h. er mißfiel dem Kapitän . . . Das ist kein Verlust.«

Darwin hatte keinen Sinn für McKormicks wissenschaftlichen Stil. An Henslow schrieb er im Mai 1832: »Er war ein Philosoph nach recht altertümlicher Mode; nach seinem eigenen Bericht war er in St. Jago die ersten vierzehn Tage damit beschäftigt, allgemeine Beobachtungen zu machen, und sammelte erst in den letzten vierzehn Tagen besondere Fakten.« Tatsächlich scheint sich Darwin aus McKormick überhaupt nichts gemacht zu haben: »Mein Freund, der Doktor, ist ein Esel, aber wir kommen recht freundschaftlich miteinander aus; augenblicklich steht er gerade vor dem schwerwiegenden Problem, ob seine Kabine blaßgrau oder in gedecktem Weiß gestrichen werden soll – außer diesem Thema höre ich kaum etwas von ihm.«

Wenn nichts anderes, so dokumentiert diese Geschichte zumindest, wie stark die Klassenzugehörigkeit in der Wissenschaftsgeschichte in Betracht gezogen werden muß. Sicher würde die Biologie heute anders aussehen, wenn Darwin der Sohn eines Händlers gewesen wäre und nicht der eines äußerst reichen Arztes. Darwins persönlicher Wohlstand vermittelte ihm die Freiheit, sich unbehindert der Forschung zu widmen. Da seine vielfältigen Krankheiten ihm oft nur zwei bis drei fruchtbare Arbeitsstunden am Tag erlaubten, hätte ihn die Notwendigkeit, sich auf ehrbare Weise seinen Lebensunterhalt zu verdienen, vermutlich gänzlich von der Forschung ausgeschlossen. Und jetzt erfahren wir also, daß seine gesellschaftliche Stellung auch eine entsprechende Rolle an einem Wendepunkt seiner Karriere spielte. Fitzroy war weit stärker am geselligen Charme seines Tafelgenossen interessiert als an dessen Kompetenz in der Naturgeschichte. Könnte noch etwas Tieferes in den nicht überlieferten Tischgesprächen zwischen Darwin und Fitzroy verborgen sein? Naturwissenschaftler haben eine heftige Vorliebe dafür, kreative Einsichten dem Zwang der empirischen Evidenz zuzuschreiben. Daher hat man stets den Schildkröten und Finken den ersten Preis als Agenten der Veränderung von Darwins Weltanschauung zugesprochen, schiffte er sich doch als naiv frommer Anwärtler auf ein kirchliches Amt ein, begann aber sein erstes Notizbuch über die Transmutation der Arten weniger als ein Jahr nach seiner Rückkehr. Dennoch meine ich, daß Fitzroy selbst ein noch wichtigerer Katalysator gewesen sein könnte. Darwin und Fitzroy unterhielten bestenfalls eine gespannte Beziehung. Nur die harten Zwänge einer Herzlichkeit, die gentlemanlike ist, und die vorviktorianische Unterdrückung von Gefühlen erhielten das Verhältnis in gesitteten Formen. Fitzroy war ein Pedant und im

übrigen ein glühender Tory. Darwin war ein ebenso überzeugter Whig. Er vermied sorgfältig jede Diskussion mit Fitzroy über die große Reform-Akte, die damals gerade dem Parlament vorlag. Aber das Thema der Sklaverei ließ einen offenen Konflikt aufbrechen. Eines Abends erzählte Fitzroy, er sei Zeuge eines Beweises für die Wohltätigkeit der Sklaverei gewesen. Einer der größten Sklavenhalter Brasiliens habe seine Untertanen versammelt und sie gefragt, ob sie sich wünschten, befreit zu werden. Einhellig hätten sie mit »nein« geantwortet. Als Darwin die Kühnheit besaß, zu fragen, was sie wohl in Gegenwart ihres Herrn anderes hätten antworten sollen, explodierte Fitzroy und teilte Darwin mit, daß jemand, der an seinen Worten zweifle, nicht geeignet sei, mit ihm zu essen. Darwin ging hinaus und setzte sich mit der Mannschaft zusammen, aber Fitzroy gab ein paar Tage später nach und schickte eine formelle Entschuldigung. Wir wissen, daß sich Darwin die Haare sträubten, wenn er Fitzroys gestrenge Meinungen hörte. Aber er war sein Gast und in gewisser Weise auch sein Untergebener, denn zu jener Zeit war ein Kapitän auf See ein absoluter und unanfechtbarer Tyrann. Darwin konnte seinen Widerspruch nicht artikulieren. Fünf Jahre lang hielt einer der glänzendsten Männer der geschriebenen Geschichte seinen Mund. Viel später in seinem Leben erinnerte sich Darwin in seiner Autobiographie, daß »die Schwierigkeit, mit einem kriegesischen Kapitän auf gutem Fuß zu verkehren, noch dadurch verstärkt wird, daß es fast Meuterei bedeutet, wenn man ihm so antwortet, wie man es gegenüber irgend jemand anderem tun würde; und durch die Ehrerbietung, die ihm von jedermann an Bord entgegengebracht wird – oder zu meiner Zeit entgegengebracht wurde.«

Nun war aber die Politik der Torsys nicht Fitzroys einzige ideologische Leidenschaft. Die andere bestand in der Religion. Fitzroy erlebte zwar Augenblicke, in denen er an der buchstäblichen Wahrheit der Bibel zweifelte, aber er neigte doch zu der Ansicht, daß Moses ein verlässlicher Historiker und Geograph war, und verbrachte auch beträchtliche Zeit mit dem Versuch, die Größenverhältnisse von Noahs Arche zu berechnen. Fitzroys idée fixe war zumindest in seinem späteren Leben das »Argument aus der Zweckmäßigkeit«, die Überzeugung, Gottes Güte (und in Wirklichkeit sogar seine Existenz) lasse sich aus der Vollkommenheit der organischen Struktur ableiten. Darwin hingegen akzeptierte die Vorstellung einer hervorragenden Zweckmäßigkeit, nahm aber eine natürliche Erklärung dafür an, die kaum in einem stärkeren Gegensatz zu Fitzroys Glauben hätte stehen können. Darwin entwickelte eine Evolutionstheorie, die auf der

Zufallsvariation und einer von der äußeren Umgebung erzwungenen natürlichen Auslese beruhte: eine streng materialistische (und im Grunde atheistische) Version der Evolution (vgl. Essay 1). Viele andere Evolutionstheorien des 19. Jahrhunderts entsprachen Fitzroys Art von Christentum weitaus besser. Die religiösen Autoritäten hatten zum Beispiel viel weniger Ärger mit den üblichen Vorstellungen eines angeborenen Triebes zur Vervollkommenung als mit Darwins kompromißlos mechanistischer Ansicht.

Gelangte Darwin zum Teil als Reaktion gegen Fitzroys dogmatisches Herumreiten auf dem Argument aus der Zweckmäßigkeit zu seinem philosophischen Ansatz? Wir haben keinen Beweis dafür, daß Darwin an Bord der *Beagle* etwas anderes als ein guter Christ war. Zweifel und Ablehnung kamen später. In der Mitte der Reise schrieb er an einen Freund: »Ich erwäge oft, was aus mir werden wird; meinen Wünschen nach sollte ich bestimmt Landpfarrer werden.« Und er schrieb sogar gemeinsam mit Fitzroy einen Aufruf zur Unterstützung der Missionsarbeit im Pazifik mit dem Titel »Der moralische Zustand von Tahiti«. Aber die Samen des Zweifels müssen in ruhigen Stunden des Nachdenkens an Bord der *Beagle* gesät worden sein. Und man muß Darwins Lage an Bord bedenken – fünf Jahre lang mit einem autoritären Kapitän zu dinieren, dem er nicht widersprechen konnte, dessen politische Vorstellungen und Betragen allen seinen Überzeugungen widersprachen, und den er im Grunde nicht leiden konnte. Wer weiß, welche »stumme Alchimie« in den fünf Jahren insistenter Ansprache in Darwins Hirn gearbeitet haben mag. Vielleicht war Fitzroy viel bedeutsamer als die Finken, zumindest, um Darwins Evolutionstheorie und Philosophie ihren materialistischen und anti-theistischen Ton einzugeben.

Fitzroy jedenfalls gab sich selbst die Schuld, als sich in seinen späteren Lebensjahren sein Gemüt zerrüttete. Er fing an, sich als unwissentlichen Agenten von Darwins Ketzerei zu sehen (und ich meine wirklich, daß dies in einem buchstäblicheren Sinne richtig gewesen sein mag, als Fitzroy es sich je vorstellen konnte). Er entwickelte das brennende Bedürfnis, seine Schuld zu sühnen und die Übermacht der Bibel wiederherzustellen. Bei der berühmten Sitzung der British Association von 1860 (wo Huxley den Bischof »Seifen-Sam« Wilberforce entsahnte) stolzierte der aus dem Gleichgewicht geratene Fitzroy umher, hielt eine Bibel hoch und rief: »Das Buch, das Buch!« Fünf Jahre später erschöß er sich.

3 Darwin am Scheideweg: Die Odyssee der Evolution

Die Deutung des Begriffs »Evolution« hat die Lebenszeit von wohl tausend Wissenschaftlern in Anspruch genommen. In diesem Essay stelle ich ein Thema vor, was im Vergleich dazu nahezu lachhaft eingegrenzt ist – eine Deutung des Wortes selbst. Ich folge der Spur, die aufweist, wie es dazu kam, daß eine organische Veränderung *Evolution* genannt wurde. Als rein antiquarische Übung in etymologischer Detektivarbeit ist die Geschichte komplex und faszinierend. Doch steht mehr auf dem Spiel, hat doch ein älterer Gebrauch des Wortes zum üblichsten, gebräuchlichsten Mißverständnis beigetragen: Laien mißverstehen, was Naturwissenschaftler mit Evolution meinen.

Zunächst ein Paradox: Darwin, Lamarck und Haeckel – die größten Evolutionisten des 19. Jahrhunderts in England, Frankreich und Deutschland – haben das Wort »Evolution« in den ersten Versionen ihrer großen Werke nicht gebraucht. Darwin sprach von einer »Abstammung mit Modifikation«, Lamarck von »Transformismus«. Haeckel bevorzugte »Transmutations-Theorie« oder »Descendenz-Theorie«. Warum verschmähten sie »Evolution«, und wie erwarb ihre Geschichte vom organischen Wandel ihren gegenwärtigen Namen? Darwin scheute »Evolution« als Beschreibung für seine Theorie aus zwei Gründen. Zunächst besaß »Evolution« zu seiner Zeit bereits eine technische Bedeutung in der Biologie. Der Terminus beschrieb nämlich eine Theorie in der Embryologie, die sich nicht mit Darwins Ansichten über die organische Entwicklung versöhnen ließ.

Im Jahre 1744 hatte der deutsche Biologe Albrecht von Haller den Begriff *Evolution* geprägt, um eine Theorie zu beschreiben, nach der die Embryos aus vorgefertigten Homunculi heranwachsen, die im Sperma oder im Ei eingeschlossen sind (und nach der, so phantastisch es auch heute scheinen mag, alle künftigen Generationen bereits in den Eierstöcken von Eva oder in den Hoden von Adam geschaffen wurden, eingeschlossen wie russische Puppen, eine in der anderen – ein Homunculus in jedem Ei von Eva, ein kleinerer Homunculus in jedem Ei des Homunculus, und so fort). Diese Theorie der Evolution (oder Präformation) fand Widerspruch bei den Anhängern der Epigenese, die glaubten, daß die Komplexität der ausgewachsenen Gestalt aus einem ursprünglich formlosen Ei entstehe (ein genauerer Bericht über diese Debatte findet sich in Essay 25). Haller wählte seinen Terminus mit Bedacht, denn das lateinische »evolvere« bedeutet »aufrollen«; tatsächlich entfaltete sich der winzige Homunculus aus seiner

ursprünglich beengten Behausung und nahm während seiner Entwicklung als Embryo nur an Größe zu.

Hallers embryologische Evolution schien jedoch Darwins Abstammung mit Modifikation auszuschließen. Wenn die gesamte Geschichte der menschlichen Rasse in Evas Eiserstöcken im vornhinein verpackt war, wie konnte dann die natürliche Zuchtwahl (oder auch irgendeine andere Macht) den vorbestimmten Lauf unserer Wesens und Treibens hienieden abändern?

Und damit scheint sich unser Geheimnis noch zu vertiefen. Wie konnte sich Hallers Begriff nahezu in seine gegenteilige Bedeutung verwandeln? Dies wurde erst möglich, als gegen 1859 Hallers Theorie in ihren letzten Zügen lag; damit wurde der Begriff, den er verwendet hatte, für andere Zwecke verfügbar.

»Evolution« als Bezeichnung für Darwins »Abstammung mit Modifikation« wurde nicht einer vorhergehenden technischen Bedeutung entlehnt; das Wort wurde eher der Umgangssprache enteignet. Zu Darwins Zeit war »Evolution« bereits ein übliches englisches Wort mit einer Bedeutung, die etwas ganz anderes besagte als in Hallers technischer Verwendung. Das *Oxford English Dictionary* verfolgt seine Spuren zurück auf ein Gedicht von H. More aus dem Jahre 1647, in dem es heißt: »Evolution äußerer Formen, verstreut im weltweiten Geist.« Das war aber ein ganz anderes »Aufrollen« als das von Haller. Es implizierte »das Erscheinen in geordneter Folge einer langen Reihe von Ereignissen«, und, wichtiger noch, es verkörperte einen *Begriff progressiver Entwicklung* – eine geordnete Entfaltung vom Einfachen zum Vielfältigen. Das *O.E.D.* fährt fort: »Der Prozeß der Entwicklung von einem rudimentären zu einem reifen oder vollständigen Zustand«. So war »Evolution« in der Umgangssprache also eng mit einer Vorstellung von Fortschritt verknüpft.

Darwin benutzte das zugehörige Verb »evolve« in eben diesem umgangssprachlichen Sinne – es ist das letzte Wort seines Buches:

Es liegt Größe in dieser Lebensanschauung mit den verschiedenen Kräften, die ursprünglich wenigen Gestalten oder nur einer einzigen eingehaucht wurden; und die, während der Planet sich stets drehte, gemäß den festgelegten Gesetzen der Schwerkraft, von einem so einfachen Anfang zu unendlichen, sehr schönen und sehr wunderbaren Gestalten entrollt wurden und werden.

Darwin wählte dies Wort an dieser Stelle, weil er den Kontrast zwischen dem Fluß der organischen Entwicklung zu der Starrheit physikalischer Gesetze wie der Schwerkraft ausdrücken wollte. Aber es ist das Wort, das er ansonsten nur selten benutzte, denn er lehnte

ausdrücklich die geläufige Gleichsetzung dessen, was wir heute Evolution nennen, mit irgendeiner Vorstellung von Fortschritt ab. In einem berühmten Aphorismus ermahnte Darwin sich selbst, bei der Beschreibung von Organismen niemals »höher« oder »niedriger« zu sagen – denn: wenn eine Amöbe ihrer Umgebung so gut angepaßt ist wie wir der unseren, wer darf dann sagen, wir seien höhere Geschöpfe? Daher vermied Darwin »Evolution« zugunsten seiner »Abstammung mit Modifikation« nicht nur wegen der vorgängigen technischen Bedeutung, die im Kontrast zu seinen eigenen Überzeugungen stand, sondern auch, weil ihm die Vorstellung von unvermeidlichem Fortschritt, die der umgangssprachlichen Bedeutung des Wortes innewohnte, nicht behagte.

Als Synonym für »Abstammung mit Modifikation« trat »Evolution« in die englische Sprache dank der Propaganda von Herbert Spencer ein, diesem für nahezu alles zuständigen wandelnden Lexikon der viktorianischen Zeit. Evolution war für Spencer das übergreifende Gesetz jeglicher Entwicklung. Und was für ein anderes Prinzip als das des Fortschritts konnte für einen viktorianischen Streber die Entwicklungsprozesse des Universums beherrschen? So definierte Spencer in seinen *Ersten Prinzipien* von 1862 das universelle Gesetz: »Evolution ist eine Integration der Materie und eine damit einhergehende Verflüchtigung von Bewegung; während dieser geht die Materie aus einer unbestimmten, unzusammenhängenden Homogenität in eine bestimmte, zusammenhängende Heterogenität über.«

Zwei weitere Aspekte von Spencers Werk trugen zur Etablierung von »Evolution« in der heutigen Bedeutung bei: Zunächst benutzte er in seinen äußerst populär gewordenen *Prinzipien der Biologie* (1864–67) beständig »Evolution« zur Beschreibung von organischem Wandel. Und zweitens betrachtete er den Fortschritt nicht als eine innewohnende Fähigkeit der Materie, sondern als Ergebnis einer »Zusammenarbeit« von inneren und äußeren (der Umwelt angehörigen) Kräften. Diese Vorstellung paßte gut zu den meisten Konzeptionen der organischen Evolution im 19. Jahrhundert, denn die viktorianischen Naturwissenschaftler waren rasch damit bei der Hand, organischen Wandel mit organischem Fortschritt gleichzusetzen. So war »Evolution« recht brauchbar, wenn man das Bedürfnis nach einem emphatischeren Begriff als Darwins »Abstammung mit Modifikation« empfand. Und da die meisten Evolutionisten den organischen Wandel als Fortschritt in der Richtung zunehmender Komplexität (also in Richtung auf uns) sahen, tat ihre Aneignung des allgemeinen Begriffs von Spencer seiner Definition keine Gewalt an.

Ironischerweise stand indessen der Vater der Evolutionstheorie nahezu allein da, wenn er darauf beharrte, daß der organische Wandel nur zu einer zunehmenden Anpassung der Organismen an ihre eigene Umgebung führt und nicht zu einem abstrakten Fortschrittsideal, das sich durch strukturelle Komplexität oder zunehmende Heterogenität definieren ließe – sag niemals höher oder niedriger. Hätten wir auf Darwins Warnung gehört, wir hätten uns manche Wirren und Mißverständnisse erspart, die heute zwischen Laien und Naturwissenschaftlern bestehen. Denn Darwins Ansicht hat unter den Wissenschaftlern den Sieg davongetragen, sie haben seit langem die Vorstellung von einer notwendigen Verknüpfung zwischen Evolution und Fortschritt als eins der billigsten anthropozentrischen Vorurteile aufgegeben. Aber die meisten Laien setzen immer noch Evolution mit Fortschritt gleich und definieren menschliche Evolution nicht einfach als Wandel, sondern als zunehmende Intelligenz, zunehmende Höhe oder irgendeinen anderen Maßstab vorgeblicher Verbesserung.

In dem wohl am weitesten verbreiteten antievolutionären Dokument der Gegenwart, dem Heftchen »Entstanden die Menschen durch Evolution oder durch Schöpfung?« von den Zeugen Jehovas, heißt es: »Mit einfachen Worten heißt Evolution, daß das Leben von einzelligen Organismen zu seinem höchsten Zustand, dem des menschlichen Wesens, voranschritt, indem über Millionen von Jahren hinweg eine Reihe von biologischen Verwandlungen ablief. . . Allein der Wandel innerhalb eines zugrundeliegenden Typus von Lebewesen kann nicht als Evolution betrachtet werden.«

Diese trügerische Gleichsetzung von Evolution und Fortschritt hat immer noch unselige Folgen. In der Geschichte brachte sie die Abwege des Sozialdarwinismus hervor (den Darwin selbst mit größtem Mißtrauen betrachtete). Diese – eigentlich längst diskreditierte – Theorie stufte menschliche Gruppen und Kulturen gemäß ihrem angeblichen Grad evolutionärer Errungenschaften ein, wobei (nicht gerade überraschend) weiße Europäer an der Spitze standen und die Völker, die in den von ihnen eroberten Kolonien leben, ganz unten. Auch heute ist das die wesentliche Komponente unserer globalen Arroganz geblieben, unser Glaube an unsere Vorherrschaft über statt an eine Kameradschaft mit mehr als einer Million anderer Arten, die unseren Planeten bewohnen. Der Finger hat geschrieben und gewirkt, da kann man nichts machen; aber ich finde es doch bedauerlich, daß die Wissenschaftler zu einem grundlegenden Mißverständnis beitrugen, indem sie ein Wort, das in der Umgangssprache »Fort-

schritt« bedeutet, wählten, um das zu bezeichnen, was Darwin weniger wohlklingend, aber genauer »Abstammung mit Modifikation« nannte¹.

4 Darwins unzeitiges Begräbnis

In einer der zahlreichen Filmversionen von Dickens' *Weihnachtslied in Prosa* begegnet Ebenezer Scrooge, wenn er die Treppe hinaufsteigt, um seinen sterbenden Partner Jacob Marley zu besuchen, einem würdigen Herrn, der auf einem Treppenabsatz sitzt. »Sind Sie der Arzt?« fragt Scrooge. »Nein«, erwidert der Mann, »ich bin der Leichenbestatter; der Wettbewerb in unserem Beruf ist hart.« Die halsabschneiderische Welt der Intellektuellen dürfte gleich danach kommen, und wenige Ereignisse werden stärker beachtet als die feierliche Todeserklärung einer volkstümlichen Vorstellung. Darwins Theorie der natürlichen Zuchtwahl war stets ein Kandidat für die Bestattung. Die letzte Nachtwache hielt Tom Bethell in einem Text mit dem Titel »Darwin's Fehler« (*Harper's Magazine*, Februar 1976): »Darwins Theorie befindet sich meiner Ansicht nach am Rande des Kollapses . . . Die natürliche Auslese wurde selbst von seinen eifrigsten Nachfolgern schon vor einigen Jahren in aller Stille aufgegeben.« Das ist mir neu, und obwohl ich das darwinistische Markenzeichen mit einigem Stolz trage, gehöre ich nicht einmal zu den eifrigsten Verteidigern der natürlichen Auslese. Ich erinnere an Mark Twains berühmte Antwort auf einen verfrühten Nachruf: »Die Berichte über meinen Tod sind stark übertrieben.«

Bethells Argumentation klingt für die meisten in der Praxis stehenden Naturwissenschaftler sonderbar. Wir sind stets darauf gefaßt, wie eine Theorie unter dem Ansturm neuer Daten zusammenbricht, aber wir erwarten nicht, daß eine große und einflußreiche Theorie an einem logischen Irrtum in ihrer Formulierung zugrundegeht. Fast jeder empirische Wissenschaftler hat einen philiströsen Zug. Er neigt dazu, die akademische Philosophie als sinnleer abzulehnen. Sicher kann jeder intelligente Mensch durch Intuition richtig denken. Doch Bethell bringt überhaupt keine Data herbei, um den Sarg der natürlichen Auslese zu versiegeln, sondern allein einen Irrtum in Darwins Schlußfolgerungen: »Darwin verfiel einem Irrtum, der schwerwiegend genug ist, um seine gesamte Theorie zu unterminieren. Und

¹ Im deutschen, nicht wissenschaftlichen Sprachgebrauch und Sprachmißbrauch wären überdies die üblen Spiele mit »Evolution und Revolution« zu bedenken (A. d. Ü.).

dieser Fehler ist erst vor kurzem als solcher erkannt worden . . . An einem bestimmten Punkt seiner Argumentation ging Darwin in die Irre.«

Obwohl ich versuchen will, Bethell zu widerlegen, bedaure ich ebenfalls die mangelnde Bereitschaft der Wissenschaftler, die logische Struktur ihrer Argumente ernsthaft zu untersuchen. Vieles, was als Evolutionstheorie durchgeht, ist tatsächlich so sinnleer wie Bethell behauptet. Viele große Theorien werden durch Ketten fragwürdiger Metaphern und Analogien zusammengehalten. Das Gewäsch, das die Evolutionstheorie umgibt, hat Bethell richtig als solches identifiziert. Aber in einem wesentlichen Punkt sind wir unterschiedlicher Ansicht: Für Bethell ist die darwinistische Theorie bis ins Mark verrottet, während ich eine wertvolle Perle in ihrem Innern finde.

Die natürliche Zuchtwahl ist der zentrale Begriff der Darwinschen Theorie – die Tauglichsten überleben und verbreiten ihre begünstigten Charakteristika in den Populationen. Die natürliche Auslese wird durch Spencers Ausdruck »Überleben des Tauglichsten« definiert, aber was bedeutet dies berühmte Schlagwort eigentlich wirklich? Wer sind die Tauglichsten? Wie ist »Tauglichkeit« definiert? Wir lesen oft, daß Tauglichkeit nichts anderes mit sich bringe als einen »differentiellen Reproduktionserfolg« – die Produktion von mehr überlebenden Nachkommen als andere mit ihnen im Wettbewerb stehende Mitglieder der Population. Halt! ruft Bethell, wie schon viele vor ihm. Diese Definition bestimmt die Tauglichkeit allein in Begriffen des Überlebens. Der entscheidende Ausdruck der natürlichen Auslese bedeutet nichts anderes als »das Überleben derjenigen, die überleben« – eine sinnleere Tautologie. (Eine Tautologie ist ein Satz, der – wie etwa »mein Vater ist ein Mann« – im Prädikat – »ein Mann« – keine Information enthält, die nicht bereits im Subjekt – »mein Vater« – enthalten ist. Tautologien sind als Definitionen eine feine Sache, aber nicht als überprüfbare wissenschaftliche Behauptungen, denn in einer Behauptung, die qua definitione wahr ist, gibt es nichts zu überprüfen.)

Aber wie konnte Darwin einen so kolossal miesen Fehler machen? Selbst seine strengsten Kritiker haben ihn nie der eklatanten Dummheit bezichtigt. Offensichtlich muß Darwin versucht haben, die Tauglichkeit anders zu definieren – ein vom reinen Überleben unabhängiges Kriterium der Tauglichkeit. Darwin schlug tatsächlich ein unabhängiges Kriterium vor, aber Bethell zeigt ganz richtig, daß er auf eine Analogie angewiesen war, um es aufzustellen, also auf eine recht gefährliche und schlüpfrige Strategie. Man sollte meinen, das erste

Kapitel eines so revolutionären Buches, wie es die *Entstehung der Arten* ist, würde von kosmischen Fragen und allgemeinen Belangen handeln. Das tut es aber nicht. Es handelt von Tauben. Darwin widmet fast die gesamten ersten vierzig Seiten der »künstlichen Zuchtwahl« der von den Tierzüchtern begünstigten Charakteristika. Denn hier wird zweifellos ein unabhängiges Kriterium wirksam. Der Taubenhalter weiß, was er will. Die Tauglichsten werden nicht durch ihr Überleben definiert. Vielmehr wird ihnen das Überleben gestattet, da sie die erwünschten Charakteristika besitzen.

Das Prinzip der natürlichen Zuchtwahl hängt davon ab, ob eine Analogie zur künstlichen Zuchtwahl statthaft ist. Wie der Taubenhalter müssen wir in der Lage sein, den Tauglichsten im vorhinein zu definieren und nicht erst durch sein späteres Überleben. Die Natur aber ist kein Tierzüchter; kein prästablierter Zweck regelt die Geschichte des Lebens. In der Natur müssen alle Charakteristika, die die Überlebenden besitzen, als »Fortschritt in der Evolution« betrachtet werden; bei der künstlichen Zuchtwahl werden die »überlegenen« Charakteristika definiert, bevor die Zucht überhaupt beginnt. Spätere Evolutionstheoretiker, meint Bethell, erkannten den Fehler in Darwins Analogie und definierten nun »Tauglichkeit« einfach als Überleben. Aber sie merkten nicht, daß sie damit die logische Struktur von Darwins zentralem Postulat unterminierten. Die Natur stellt kein unabhängiges Kriterium der Tauglichkeit zur Verfügung; also ist die natürliche Auslese tautologisch.

Dann geht Bethell zu zwei wesentlichen Nebengedanken des Hauptarguments über. Zunächst, wenn Tauglichkeit nur Überleben bedeutet, wie kann die natürliche Zuchtwahl dann eine »schöpferische« Kraft sein, wie Darwinisten es behaupten. Die natürliche Auslese kann uns nur erklären, wie »ein gegebener Typus von Lebewesen zahlreicher wird«; sie kann nicht erklären, »wie ein Typus von Lebewesen sich nach und nach zu einem anderen wandelte«. Zweitens, wie konnten Darwin und andere hervorragende Viktorianer so sicher sein, daß die seelenlose Natur mit der bewußten Auswahl durch einen Züchter verglichen werden kann. Bethell denkt sich, das kulturelle Klima des siegreichen Industriekapitalismus habe jede Veränderung als in sich fortschrittlich definiert. Reines Überleben in der Natur konnte es nur für das Gute geben: »Es sieht allmählich so aus, als habe Darwin nichts anderes entdeckt als die viktorianische Neigung, an den Fortschritt zu glauben.«

Ich glaube, daß Darwin recht hatte, und daß Bethell und seine Kollegen sich irren: Vom Überleben unabhängige Kriterien der

Tauglichkeit können auf die Natur angewendet werden und sind von Evolutionstheoretikern systematisch benutzt worden. Doch zunächst möchte ich einräumen, daß Bethells Kritik im Hinblick auf einen großen Teil der technischen Literatur zur Evolutionstheorie berechtigt ist, insbesondere auf die abstrakt mathematischen Abhandlungen, welche die Evolution nur als Veränderung der Anzahl, nicht als qualitativen Wechsel berücksichtigen. Solche Studien betrachten die Tauglichkeit tatsächlich nur in Begriffen des differentiellen Überlebens. Was kann man auch mit abstrakten Modellen anderes anfangen, die den relativen Erfolg hypothetischer Gene A und B bei Populationen verfolgen, welche nur auf dem Band des Computers existieren? Die Natur ist jedoch nicht auf die Berechnungen der theoretischen Genetik angewiesen. In der Natur wird die »Überlegenheit« von A als differentielles Überleben *ausgedrückt*, jedoch nicht *definiert* – oder sollte jedenfalls nicht so definiert werden, auf daß Bethell et al. nicht triumphiere, Darwin nicht unterliege.

Meine Verteidigung Darwins ist weder verblüffend, noch neuartig, noch tiefsinnig. Ich behaupte schlicht und einfach, daß er recht hatte, wenn er eine Analogie zwischen der natürlichen Zuchtwahl und der künstlichen des Tierzüchters annahm. Bei der künstlichen Zuchtwahl stellte der Wunsch des Züchters eine »Veränderung der Umwelt« für die Population dar. In dieser neuen Umwelt sind einige Charakteristika a priori überlegen (sie überleben und verbreitern sich durch die Wahl unseres Züchters, aber das ist ein *Ergebnis* ihrer Tauglichkeit, nicht deren Definition). Auch in der Natur ist die Darwinsche Evolution eine Reaktion auf eine Veränderung der Umwelt. Der springende Punkt ist nun: Bestimmte morphologische, physiologische oder Verhaltens-Charakteristika sollten a priori für das Leben in der neuen Umwelt als Konstruktion überlegen sein. Diese Charakteristika zeigen Tauglichkeit, nach den Kriterien eines Ingenieurs für gute Konstruktion, nicht nach dem empirischen Faktum ihres Überlebens und ihrer Verbreitung. Es wurde kälter, bevor das Wollmammut seinen zottigen Mantel entwickelte.

Warum versetzt dieser Aspekt manche Evolutionstheoretiker derart in Aufregung? Okay, Darwin hatte recht: Überlegene Konstruktion in veränderter Umwelt ist ein unabhängiges Kriterium der Tauglichkeit. Aber hat schließlich irgend jemand ernstlich behaupten wollen, die kümmerlich Konstruierten würden den Sieg davon tragen? Tatsächlich, das taten viele. Zu Darwins Zeiten behaupteten zahlreiche konkurrierende Evolutionstheorien, daß die Tauglichsten (am besten Konstruierten) untergehen müssen. Eine populäre Vorstellung – die

Theorie vom Lebenszyklus der Rassen wurde von einem früheren Bewohner des Amtes, in dem ich jetzt sitze, vertreten, dem großen amerikanischen Paläontologen Alpheus Hyatt. Hyatt behauptete, daß Entwicklungslinien wie Individuen einen Zyklus von Jugend, Reife, Alter und Tod (Verschwinden) hätten. Aufstieg und Niedergang seien in der Geschichte der Arten vorprogrammiert. Wie die Reife ins Alter übergeht, sterben die am besten konstruierten Individuen und die verformten, degenerierten, phylogenetisch greisenhaften Individuen vermehren sich. Eine andere anti-Darwinsche Vorstellung, die Theorie der Orthogenese, besagte, daß bestimmte Richtungen, wenn sie erst einmal in Gang gesetzt sind, nicht mehr aufgehalten werden können, selbst wenn sie zur Auslöschung durch zunehmend ungeeignete Konstruktion führen müssen. Viele Evolutionstheoretiker des 19. Jahrhunderts (wahrscheinlich die Mehrheit) glaubten, die Irischen Elche seien ausgestorben, weil sie das evolutionäre Wachstum ihrer Geweihgröße nicht aufhalten konnten (vgl. Essay 9); so mußten sie sterben, zwischen den Bäumen gefangen oder (buchstäblich) in den Schlamm herabgezogen. Ebenso wurde das Abdanken von säbelzahnigen »Tigern« oft auf Eckzähne zurückgeführt, die so lang gewachsen waren, daß die armen Katzen ihre Schnauzen nicht weit genug öffnen konnten, um sie zu benutzen.

So ist, wie Bethell behauptet, keineswegs wahr, daß alle Charakteristika, die Überlebende besitzen, als tauglicher bezeichnet werden müssen. »Überleben der Tauglichsten« ist keine Tautologie. Es ist auch nicht die einzige vorstellbare oder vernünftige Lektüre der Evolutionsgeschichte. Es ist überprüfbar. Es hatte Konkurrenten, die unter dem Gewicht gegensätzlicher Beweise und veränderter Haltungen zum Wesen des Lebens zusammenbrachen. Und es hat Konkurrenten, die Erfolg haben mögen, zumindest in der Begrenzung seiner Reichweite.

Wenn ich recht sehe, ist Bethells Behauptung schwerlich aufrechtzuerhalten: »Darwin, möchte ich sagen, befindet sich im Begriff, abgeschoben zu werden, aber, vielleicht aus Ehrerbietung gegenüber dem hochgeschätzten alten Herrn, der in Westminster Abbey friedlich neben Isaac Newton ruht, geschieht es so diskret und sanft wie möglich, mit einem Minimum an Publizität.« Ich fürchte, ich muß Bethell vorwerfen, daß er in seinem Bericht über die herrschende Meinung nicht besonders fair ist. Er zitiert die Störenfriede H. Waddington und H. J. Muller, als ob sich damit ein Konsensus zusammenfassen ließe. Er erwähnt kein einziges Mal die führenden Selektionisten unserer Generation – zum Beispiel E. O. Wilson oder D. Janzen.

Und er zitiert die Architekten des Neo-Darwinismus – Dobzhansky, Simpson, Mayr und Huxley – nur, um sich über ihre Metaphern von der »Schöpferkraft« der natürlichen Auslese lustig zu machen. (Ich fordere nicht, man solle den Darwinismus fördern, weil er noch populär ist; ich bin selbst hinreichend ein Störenfried, um zu glauben, daß kritikloser Konsensus ein sicheres Zeichen für drohenden Ärger ist. Ich teile nur mit, mag man das nun gut oder schlecht finden, daß der Darwinismus noch lebendig und wirksam ist, trotz Bethells Leichenfeier.)

Warum aber wurde die natürliche Selektion von Dobzhansky mit einem Komponisten verglichen, mit einem Dichter von Simpson, mit einem Bildhauer von Mayr und ausgerechnet mit Mr. Shakespeare von Julian Huxley? Keineswegs will ich die Wahl der Metaphern verteidigen, aber sehr wohl die Absicht unterstützen, nämlich das Wesen des Darwinismus zu illustrieren – die Kreativität der natürlichen Auslese. Die natürliche Zuchtwahl hat in allen anti-darwinistischen Theorien eine Rolle zu spielen. Mit ihr wird die negative Rolle besetzt, der Henker der Untauglichen (während die Tauglichen mittels nicht-Darwinscher Mechanismen entstehen, etwa die Vererbung erworbener Charakteristika oder die direkte Induktion günstiger Variation durch die Umwelt). Das Wesen des Darwinismus liegt in der Behauptung, daß die natürliche Auslese den Tauglichen schafft. Variation findet beständig statt und ist in ihrer Richtung zufällig. Sie stellt nur das Rohmaterial zur Verfügung. Die natürliche Zuchtwahl leitet die Richtung des evolutionären Wandels. Sie bewahrt die günstigen Varianten und baut schrittweise Tauglichkeit auf. Da Künstler ihre Schöpfungen aus den Rohmaterialien von Tönen, Wörtern oder Steinen gestalten, scheinen mir jene Metaphern tatsächlich gar nicht so unangemessen zu sein. Weil Bethell kein vom reinen Überleben unabhängiges Kriterium der Tauglichkeit annimmt, kann er freilich der natürlichen Auswahl auch keine schöpferische Rolle zubilligen.

Nach Bethell kann Darwins Begriff der natürlichen Zuchtwahl als einer schöpferischen Kraft nur eine Illusion sein, die durch das gesellschaftliche und politische Klima seiner Zeit ermutigt wurde. In den Wehen des viktorianischen Optimismus des imperialistischen England schien Wandel in sich fortschrittlich zu sein; warum sollte man also das Überleben in der Natur nicht mit wachsender Tauglichkeit im nicht-tautologischen Sinne der verbesserten Konstruktion gleichsetzen.

Ich selbst bin im allgemeinen ein heftiger Verfechter der Ansicht, daß

die »Wahrheit«, wie sie von Wissenschaftlern gepredigt wird, sich oft als von den herrschenden gesellschaftlichen und politischen Überzeugungen inspiriertes Vorurteil herausstellt. Ich habe diesem Thema einige Essays gewidmet, weil ich glaube, daß es dazu beiträgt, die Praxis der Naturwissenschaft zu »entmystifizieren«, wenn man ihre Ähnlichkeit mit allen anderen menschlichen Tätigkeiten zeigt. Aber die Richtigkeit dieses allgemeinen Arguments sichert keineswegs irgendeine spezifische Anwendung, und ich möchte meinen, daß Bethells Anwendung auf ziemlich falschen Informationen beruht.

Darwin tat zwei verschiedene Dinge: Er überzeugte die wissenschaftliche Welt davon, daß Evolution stattgefunden hat, und er schlug die Theorie der natürlichen Zuchtwahl als deren Mechanismus vor. Ich bin durchaus bereit, zuzugeben, daß die übliche Gleichsetzung von Evolution und Fortschritt Darwins erste Behauptung für seine Zeitgenossen genießbarer machte. Aber mit seinem zweiten Anspruch hatte er zu Lebzeiten keinen Erfolg. Erst in den 1940er Jahren errang die Theorie der natürlichen Auslese ihren Sieg. Ihr Mangel an viktorianischer Popularität lag meiner Ansicht nach gerade darin, daß sie leugnete, es gebe einen allgemeinen Fortschritt im Funktionieren der Evolution. Die Theorie der natürlichen Zuchtwahl behauptet eine *lokale* Anpassung an die Veränderungen der Umwelt. Sie weiß von keinen Prinzipien der Vervollkommnung, von keiner Garantie für eine allgemeine Verbesserung; kurz gesagt, sie bot keinen Anlaß zur allgemeinen Zustimmung in einem politischen Klima, das in der Natur lieber einen eingeborenen Fortschritt gesehen hätte.

Zwar ist Darwins unabhängiges Kriterium »verbesserte Konstruktion«, aber nicht »verbessert« in jenem kosmischen Sinne, den seine britischen Zeitgenossen schätzten. »Verbessert« bedeutete für Darwin einfach »für die unmittelbare lokale Umwelt besser konstruiert«. Lokale Umwelten wandeln sich beständig: sie werden kälter oder wärmer, feuchter oder trockener, gras- oder walddreicher. Evolution durch natürliche Zuchtwahl folgt bloß diesen Veränderungen der Umwelt mittels einer differentiellen Bewahrung jener Organismen, die besser dafür konstruiert sind, in ihr zu leben: Pelz auf einem Mammut ist in keinem irgendwie kosmischen Sinne fortschrittlich. Die natürliche Auswahl kann eine Tendenz produzieren, die uns dazu verleitet, an einen allgemeineren Fortschritt zu denken – die Zunahme der Gehirngröße charakterisiert die Evolution von einer Säugetiergruppe zur anderen (vgl. Essay 23). Aber große Gehirne haben ihren Nutzen in lokalen Umwelten; sie markieren keine zugrunde liegende Tendenz auf höhere Zustände hin. Und es machte

Darwin Spaß, zu zeigen, daß die lokale Anpassung oft eine »Degeneration« der Konstruktion hervorbringt – zum Beispiel die anatomische Vereinfachung von Parasiten.

Wenn die natürliche Zuchtwahl keine Fortschrittslehre ist, dann kann ihre Beliebtheit nicht jene Politik widerspiegeln, die Bethell in ihr sieht. Wenn die Theorie der natürlichen Auslese ein unabhängiges Kriterium der Tauglichkeit besitzt, ist sie nicht tautologisch. Ich bleibe dabei, vielleicht naiv, daß ihre derzeitige, unangefochtene Beliebtheit etwas mit ihrem Erfolg bei der Erklärung der zugegebenermaßen unvollständigen Informationen zu tun hat, die uns augenblicklich über die Evolution zur Verfügung stehen. Ich möchte fast annehmen, daß wir uns noch geraume Zeit mit Charles Darwin werden herumschlagen müssen.

II MENSCHLICHE EVOLUTION

5 Eine Rangfrage

Im *Alexanderfest* beschreibt John Dryden seinen Helden, wie er, angetrunken nach dem Abendessen, die Geschichten von seinem Kriegeruhm erzählt:

Eitel ward der König nach dem Mahl,
Alle Schlachten focht er noch einmal;
Dreimal macht' zunichte er der Feinde Lug,
Dreimal die Geschlagenen er schlug.

Hundertfünfzig Jahre später beschwor Thomas Henry Huxley das gleiche Bild, als er sich weigerte, den entscheidenden Sieg weiter zu verfolgen, den er in der großen Hippokampus-Debatte gegen Richard Owen errungen hatte: »Das Leben ist zu kurz, um sich damit abzugeben, die Geschlagenen mehr als einmal zu schlagen.«

Owen hatte versucht, unsere Einzigartigkeit festzulegen, indem er behauptete, eine kleine Windung des menschlichen Gehirns, der Hippokampus minor, komme bei Schimpansen und Gorillas (sowie allen anderen Lebewesen) nicht vor, sondern allein beim *Homo sapiens*. Huxley, der bei der Vorbereitung seines zukunftssträchtigen Werkes *Evidence as to Man's Place in Nature* (Beweise zum Platz des Menschen in der Natur) Primaten seziert hatte, zeigte überzeugend, daß alle Affen einen Hippokampus haben, und daß ein Bruch in der Struktur von Primatengehirnen zwischen den Halbaffen (Lemuren, Koboldmakis und dergleichen) und allen anderen Primaten (einschließlich der Menschen) liegt und nicht zwischen den großen Affen und den Menschen. Einen Monat lang, April 1861, schaute ganz England zu, wie seine beiden größten Anatomen um eine kleine Beule am Gehirn Krieg führten. *Punch* lachte und reimte; und Charles Kingsley schrieb in seinem Kinderklassiker *The Water Babies* von 1863 des längeren und breiteren über den »Hippopotamus major«. Wenn man je ein Wasserbaby finden würde, meinte er, »würde man es wahrscheinlich in Spiritus legen oder in die *Illustrated News* bringen oder es gar in zwei Hälften schneiden, den armen Liebling, und die eine Hälfte an Professor Owen und die andere an Professor Huxley schicken, um zu sehen, was die beiden dazu zu sagen hätten.«

Die westliche Welt hat immer noch nicht ihren Frieden mit Darwin und den Implikationen der Evolutionstheorie gemacht. Die Hippokampus-Debatte illustriert nur in scharfen Umrissen das größte Hindernis für eine solche Versöhnung – unseren Unwillen, die

Kontinuität zwischen uns selbst und der Natur anzuerkennen, unsere verzweifelte Suche nach einem Kriterium, das uns die Einzigartigkeit sichern würde. Wieder und wieder haben große Naturforscher allgemeine Theorien über die Natur aufgestellt und allein für die Menschen Ausnahmen gemacht. Charles Lyell (vgl. Essay 18) sah die Welt in einem unwandelbaren Zustand: keine Veränderungen in der Komplexität des Lebens durch die Zeit hindurch, alle organischen Konstruktionen von Anfang an vorhanden. Allein der Mensch sollte erst einen geologischen Augenblick zuvor geschaffen worden sein – ein Quantensprung in die geistige Sphäre, welche von nun an die Konstanz der anatomischen Konstruktion überlagerte. Und Alfred Russell Wallace, ein leidenschaftlicher Selektionist, der in seinem strengen Beharren auf der natürlichen Zuchtwahl als einziger richtungsgebender Kraft des evolutionären Wandels Darwin weitaus überflügelte, machte die einzige Ausnahme für das menschliche Gehirn (und wandte sich gegen Ende seines Lebens dem Spiritismus zu).

Darwin selbst nahm zwar eine strikte Kontinuität an, zögerte aber, seine Ketzerei öffentlich vorzustellen. In der ersten Ausgabe der *Entstehung der Arten* (1859) schrieb er nur, es werde »ein Licht auf den Ursprung des Menschen und seine Geschichte fallen«. Spätere Auflagen fügten nur den Verstärker »viel« vor »Licht« hinzu. Erst 1871 hatte er so viel Mut gesammelt, die *Abstammung des Menschen* zu veröffentlichen (vgl. Essay 1).

Schimpansen und Gorillas stellten lange das Schlachtfeld für unseren Kampf um Einzigartigkeit dar; denn wenn wir eine unzweideutige Unterscheidung – im Wesen, nicht nur graduell – zwischen uns selbst und unseren nächsten Verwandten feststellen könnten, hätten wir die lange gesuchte Rechtfertigung für unsere kosmische Arroganz gefunden. Die Schlacht hat sich längst von einer einfachen Debatte über die Evolution verlagert: Die evolutionäre Kontinuität zwischen Menschen und Affen wird heute von gebildeten Menschen akzeptiert. Aber wir sind unserem philosophischen und religiösen Erbe so fest verhaftet, daß wir immer noch nach einem strengen Kriterium zur Unterscheidung zwischen unseren Fähigkeiten und denen der Schimpansen suchen. Denn, wie der Psalmist es sang: »Was ist der Mensch, daß du seiner gedenkst . . . ? Du hast ihn wenig niedriger gemacht als Gott, mit Ehre und Herrlichkeit hast du ihn gekrönt.« Viele Kriterien wurden ausprobiert, und eins nach dem anderen erwies sich als untauglich. Die einzige ehrliche Alternative besteht darin, eine strikte Kontinuität der Gattung zwischen den Schimpansen und uns einzuräumen. Was verlieren wir schon dabei? Nur eine antiquierte Vorstellung

von der Seele, um dafür eine bescheidenere, aber äußerst aufregende Einsicht in unsere Einheit mit der Natur zu gewinnen. Ich möchte hier drei Unterscheidungskriterien untersuchen und zu zeigen versuchen, daß wir nach all diesen Maßstäben den Schimpansen noch viel näher verwandt sind, als selbst Huxley zu meinen wagte.

1. Morphologische Einzigartigkeit in der Tradition von Owen. Huxley schwächte dauerhaft die Begeisterung jener, die eine anatomische Diskontinuität zwischen Menschen und Affen suchten. Dennoch ist diese Art von Forschung in einigen Bereichen noch nicht endgültig eingestellt worden. Die Unterschiede zwischen erwachsenen Schimpansen und Leuten sind nicht zu übersehen, aber sie sind nicht das Ergebnis eines Gattungsunterschieds. Den einzelnen Teilen und ihrer Anordnung nach sind wir gleich; nur die Wachstumsraten und die relativen Größenverhältnisse unterscheiden sich. Mit der unermüdlichen Aufmerksamkeit auf Details, die so charakteristisch für die deutsche anatomische Forschung ist, haben D. Starck und seine Kollegen kürzlich nachgewiesen, daß die Unterschiede zwischen Menschen- und Schimpansenschädel allein quantitativ sind.

2. Einzigartigkeit der Befähigung zur Begriffsbildung. Nach Owens Niederlage haben nur noch wenige Wissenschaftler das anatomische Argument vorangetrieben. Stattdessen haben die Verteidiger der menschlichen Einzigartigkeit einen unüberbrückbaren Abgrund zwischen den geistigen Fähigkeiten von Menschen und Schimpansen hergestellt. Um den Abstand zu illustrieren, haben sie nach einem unzweideutigen Unterscheidungskriterium gesucht. Eine frühere Generation führte den Gebrauch von Werkzeugen an, aber kluge Schimpansen gebrauchen jede Art von Artefakten, um an unerreichbare Bananen heranzukommen oder gefangene Gefährten zu befreien.

Neuere Ansprüche haben sich auf Sprache und Begriffsbildung konzentriert, die letzte Bastion für möglicherweise vorhandene Gattungsunterschiede. Die ersten Experimente, in denen man versuchte, den Schimpansen das Sprechen beizubringen, waren nicht besonders erfolgreich – ein paar Grunzlaute und ein kümmerliches Vokabular. Manche Beobachter leiteten daraus ab, daß dieses Mißlingen auf einen Mangel in der Gehirnorganisation zurückzuführen sei, aber es scheint eine einfachere und weniger grundlegende Erklärung zu geben (obwohl sie keineswegs in ihren Implikationen für die sprachlichen Fähigkeiten der Schimpansen in ihrer natürlichen Umgebung unwesentlich ist): Die Stimmbänder der Schimpansen sind derart konstruiert, daß kein großes Repertoire artikulierter Laute produziert werden

kann. Wenn wir eine andere Art der Kommunikation mit ihnen entdecken würden, könnte sich herausstellen, daß Schimpansen viel gescheiter sind, als wir gedacht haben.

Inzwischen haben alle Zeitungsleser und Fernsehzuschauer von den verblüffenden Anfangserfolgen eines anderen Weges erfahren – die Kommunikation mit Schimpansen mittels der Zeichensprache der Taubstummen. Wenn Lana, die Starschülerin des Yerkes-Laboratoriums, nach den Namen von Gegenständen, die sie noch nie gesehen hatte, zu fragen begonnen hat, können wir den Schimpansen dann noch die Fähigkeit, Begriffe zu bilden und zu abstrahieren, absprechen? Dies ist keine einfache Pavlovsche Konditionierung. Im Februar 1975 berichteten R. A. und B. T. Gardner von ihren ersten Erfolgen mit zwei Schimpansenbabys, die vom Tag ihrer Geburt an mit der Zeichensprache aufgezogen wurden. (Washoe, der vorhergehende Forschungsgegenstand, war erst mit der Zeichensprache in Berührung gekommen, als sie ein Jahr alt war. Nach sechsmonatigem Üben bestand ihr Vokabular aus nur zwei Zeichen.) Beide Schimpansenkinder begannen im dritten Lebensmonat, erkennbare Zeichen zu machen. Das eine, Moja, hatte in der dreizehnten Woche ein Vokabular von vier Zeichen: komm-gib-mir, geh, mehr, trinken. Ihr Fortschritt verläuft nicht langsamer als der eines menschlichen Kindes (wir warten im allgemeinen auf Worte und gewahren nicht, daß unsere Babys schon lange, bevor sie sprechen, uns auf andere Weise Signale geben). Natürlich glaube ich nicht, daß die geistigen Unterschiede zwischen uns und den Schimpansen allein ein Problem des Kindergartens sind. Ich zweifle nicht daran, daß der Fortschritt dieser Schimpansenbabys sich im Verhältnis zu den wachsenden Errungenschaften menschlicher Kinder verlangsamen wird. Der nächste Präsident unseres Landes wird nicht einer anderen Spezies angehören. Dennoch demonstriert die Arbeit der Gardners überwältigend deutlich, wie sehr wir unsere nächsten biologischen Verwandten bisher unterschätzt haben.

3. Allgemeine genetische Unterschiede. Selbst wenn wir zugeben, daß kein einziges Merkmal, keine einzige Fähigkeit Menschen und Schimpansen vollständig voneinander unterscheidet, könnten wir zumindest noch behaupten, daß die allgemeinen genetischen Unterschiede zwischen uns hinreichend groß sind. Schließlich sehen die beiden Arten ziemlich verschieden aus und benehmen sich unter natürlichen Bedingungen recht unterschiedlich. (Trotz aller quasi-sprachlichen Fähigkeit, welche die Schimpansen im Laboratorium zeigen, haben wir keinen Beweis für eine reichhaltige begriffliche Kommunikation in

der Freiheit.) Aber Mary-Claire King und A.C. Wilson haben kürzlich einen Bericht über die genetischen Unterschiede zwischen den beiden Arten veröffentlicht (*Science*, 11. April 1975), und dessen Ergebnisse dürften das hauptsächliche Vorurteil, das, wie ich vermute, die meisten von uns immer noch hegen, ins Wanken bringen. Kurz gesagt, wenn man alle heute zur Verfügung stehenden biochemischen Techniken anwendet und so viele Proteine wie möglich untersucht, stellt sich heraus, daß die allgemeinen genetischen Unterschiede bemerkenswert klein sind.

Wenn sich zwei Arten morphologisch kaum unterscheiden, aber in der Natur als getrennte und in der Reproduktion isolierte Populationen auftreten, sprechen die Evolutionsbiologen von »Zwillingsarten«. Zwillingsarten weisen im allgemeinen weit geringere genetische Unterschiede auf als Paare von Arten, die zwar derselben Gattung angehören, aber morphologisch deutlich unterschieden sind (»verwandte Arten«). Nun sind Schimpansen und Menschen offensichtlich keine Zwillingsarten; wir sind nach der traditionellen taxonomischen Praxis noch nicht einmal verwandte Arten (Schimpansen gehören zur Gattung *Pan*, wir sind *Homo sapiens*). Aber King und Wilson haben gezeigt, daß der allgemeine genetische Abstand zwischen Schimpansen und Menschen geringer ist als beim Durchschnitt von Zwillingsarten und weitaus geringer als der bei irgendeinem bisher untersuchten Paar von verwandten Arten.

Ein hübsches Paradox, denn obwohl ich energisch dafür plädiert habe, unsere Unterscheidungsmerkmale nur als eine Angelegenheit des Grades zu betrachten, sind wir doch recht verschiedene Lebewesen. Wenn der allgemeine genetische Abstand so gering ist, was hat dann einen derartigen Unterschied in Gestalt und Verhalten verursacht? Nach der atomistischen Vorstellung, daß jedes organische Merkmal von einem einzigen Gen kontrolliert wird, können wir unsere anatomischen Abweichungen nicht mit den Ergebnissen von King und Wilson in Übereinstimmung bringen, denn viele Unterschiede in Form und Funktion müßten viele differente Gene widerspiegeln. Die Antwort muß darin liegen, daß bestimmte Arten von Genen sehr weitreichende Wirkungen haben – sie müssen den ganzen Organismus beeinflussen und nicht nur einzelne Merkmale. Ein paar Veränderungen in diesen Schlüsselgenen dürften eine große Abweichung zwischen zwei Arten produzieren, ohne daß es insgesamt starke genetische Unterschiede gibt.

King und Wilson versuchen daher, das Paradoxon aufzulösen, indem sie unsere Unterschiede von den Schimpansen in erster Linie

Mutationen des Regulationssystems zuschreiben.

Leberzellen und Gehirnzellen haben die gleichen Chromosomen und die gleichen Gene. Ihre tiefgreifende Verschiedenheit entsteht nicht aus der genetischen Konstitution, sondern aus andersartigen Entwicklungswegen. Während der Entwicklung müssen verschiedene Gene zu verschiedenen Zeitpunkten an- und abgestellt werden, um aus dem gleichen genetischen System derart unterschiedliche Ergebnisse zu erlangen. Tatsächlich muß der ganze geheimnisvolle Prozeß der Embryologie durch ein vorzügliches Timing im Wirken der Gene reguliert werden. Um zum Beispiel eine Hand vom Ansatz zu einem homogenen Glied zu unterscheiden, müssen sich die Zellen an einigen Stellen vermehren (die Finger werden sollen) und an anderen Stellen absterben (die Räume dazwischen).

Ein großer Teil des genetischen Systems muß der Organisation des Timings dieser Ereignisse gewidmet sein – dem An- und Abstellen von Genen – und nicht der Bestimmung besonderer Merkmale. Wir meinen die Gene, die dem Timing der Entwicklungsereignisse als Regulationssystem dienen. Sicherlich kann die Veränderung eines einzigen regulierenden Gens tiefgreifende Auswirkungen auf den gesamten Organismus haben. Verzögerung oder Beschleunigung eines Schlüsselereignisses in der Embryologie können die gesamte zukünftige Entwicklung verändern. King und Wilson vermuten daher, daß die wesentlichen genetischen Unterschiede zwischen Menschen und Schimpansen in diesem so überaus wichtigen Regulierungssystem liegen.

Das ist eine vernünftige (und sogar notwendige) Hypothese. Aber wissen wir irgendetwas über das Wesen dieses Regulierungs-Unterschieds? Wir können die damit befaßten speziellen Gene noch nicht identifizieren; daher äußern King und Wilson keine Meinung darüber. »Außerordentlich wichtig für das künftige Studium der menschlichen Evolution«, sagen sie, »würde der Aufweis der Unterschiede zwischen Menschen und Affen im Timing des Gen-Ausdrucks während der Entwicklung sein.« Aber ich glaube, daß wir die Grundlage für diese Veränderung des Timing bereits besitzen. Wie ich in Essay 7 erläutere, ist *Homo sapiens* im wesentlichen eine neotenische Art; wir sind aus unseren affenähnlichen Vorfahren durch eine allgemeine Verlangsamung der Entwicklungsrate entstanden. Wir sollten nach Regulierungsveränderungen suchen, welche die ontogenetischen Neigungen, die wir mit allen Primaten gemeinsam haben, verzögern und es uns erlauben, jugendliche Wachstumstendenzen und Proportionen zu erhalten.

Der sehr geringe genetische Abstand zwischen Menschen und Schimpansen könnte uns verführen, das wahrscheinlich interessanteste, aber ethisch undenkbare wissenschaftliche Experiment durchzuführen, das ich mir vorstellen kann, nämlich unsere beiden Arten zu kreuzen und die Nachkommen zu fragen, wie es ist, wenigstens teilweise Schimpanse zu sein. Das wäre durchaus möglich – so gering sind die genetischen Unterschiede zwischen uns. Aber bevor wir befürchten, eine Rasse heranzuzüchten, die den Helden auf dem »Planeten der Affen« ähnelt, beeile ich mich, hinzuzufügen, daß diese Hybriden fast sicher steril sein würden – wie ein Maulesel, und aus demselben Grunde. Die genetischen Unterschiede zwischen Menschen und Schimpansen sind geringfügig, aber unter ihnen finden sich mindestens zehn große Inversionen und Translokationen. Eine Inversion besteht buchstäblich in der Umkehrung eines Chromosomensegments. Jede hybride Zelle würde einen Satz von Schimpansenchromosomen und einen entsprechenden von menschlichen Chromosomen haben. Eizellen und Spermazellen entstehen durch einen Prozeß, den man Meiosis nennt oder Reduktionsteilung. Bei der Meiosis muß sich jedes Chromosom paarweise zu seinem Gegenstück verhalten (das heißt Seite an Seite mit ihm liegen), bevor eine Zellteilung stattfinden kann, so daß die entsprechenden Gene jeweils zueinander passen. Das heißt, jedes Schimpansengen müßte einem menschlichen Gen paarweise entsprechen. Aber wenn ein Teil eines menschlichen Chromosoms im Verhältnis zu seinem Schimpansengegenstück invertiert ist, kann diese Gen-für-Gen-Paarung nicht ohne komplizierte Verdrehungen und Verkrümmungen stattfinden, die gewöhnlich eine erfolgreiche Zellteilung verhindern.

Die Versuchungen sind groß, aber ich gehe davon aus, daß diese Paarung auf dem Index verbotener Experimente stehenbleibt. Die Verführung wird sich im übrigen abschwächen, wenn wir herausfinden, wie wir uns mit unseren nächsten Verwandten unterhalten können. Ich komme allmählich zu der Vermutung, daß wir alles, was wir wissen wollen, direkt von den Schimpansen selbst erfahren können.

6 Verzweigungen und Stufen in der menschlichen Evolution

Mein erster Lehrer der Paläontologie war fast so alt wie einige der Tiere, von denen er sprach. Er hielt seine Vorlesung nach Notizen auf gelbem Kanzleipapier, die er während seiner eigenen Anfangssemes-

ster gemacht haben mußte. Die Worte veränderten sich nicht, von Jahr zu Jahr, aber das Papier wurde immer älter. Ich saß in der ersten Reihe und badete in gelbem Staub, da das Papier brach und krümelte, sobald er eine Seite umwendete.

Es ist beruhigend, daß er nie eine Vorlesung über die menschliche Evolution zu halten hatte. Neue und bedeutungsträchtige menschliche Fossilien wurden in den letzten Jahren mit so unerwarteter Häufigkeit ausgegraben, daß das Schicksal jeglicher Vorlesungsnotizen nur mit dem Losungswort einer grundlegend irrationalen Ökonomie beschrieben werden kann – geplante Obsoleszenz. Jedes Jahr, wenn das Thema in meinen Kursen dran ist, öffne ich einfach meinen alten Hefter und übergebe seinen Inhalt dem nächsten Aktenordner für Rundschreiben. Und nun geht es schon wieder los.

Eine Schlagzeile auf dem Titelblatt der *New York Times* vom 31. Oktober 1976 lautete: »Menschen 3,75 Millionen Jahre alt nach Fossilien in Tansania«. Mary Leakey, eine unbesungene Heldin aus dem berühmten Klan, hatte die Kiefer und Zähne von mindestens elf Individuen gefunden, in Ablagerungen zwischen zwei Schichten fossiler Vulkanasche, deren Alter sich auf 3,75 beziehungsweise 3,35 Millionen Jahre datieren läßt. (Mary Leakey, die gewöhnlich nur als die Witwe von Louis Leakey beschrieben wird, ist eine berühmte Wissenschaftlerin mit eindrucksvolleren Leistungsnachweisen als ihr kürzlich verstorbener publikumswirksamer Gatte. Sie entdeckte auch einige der Fossilien, die gewöhnlich Louis zugeschrieben werden, darunter den »Nußknacker-Menschen« von Olduvai, *Australopithecus boisei*, ihren ersten wichtigen Fund.) Mary Leakey klassifizierte diese Fragmente als Reste von Lebewesen unserer Gattung Homo, vermutlich von der ostafrikanischen Art *Homo habilis*, der zum ersten Mal von Louis Leakey beschrieben wurde.¹

Na und? Im Jahre 1970 datierte der Harvard-Paläontologe Brian Patterson einen ostafrikanischen Kiefer auf 5,5 Millionen Jahre. Freilich schrieb er das Bruchstück der Gattung *Australopithecus* zu, nicht Homo. Aber *Australopithecus* wurde häufig als der direkte Vorfahre von Homo betrachtet. Während die Gepflogenheiten der

¹ Ich schreibe diesen Essay im Januar 1976. Entsprechend der Ermahnung meines letzten Absatzes ist Mary Leakeys Zuschreibung der Laetoli-Kiefer zur Gattung Homo von einigen Kollegen in Frage gestellt worden. Sie stellen keine andere Hypothese auf, sondern weisen nur darauf hin, daß Kiefer allein keine sichere Diagnose ermöglichen. Jedenfalls bleibt die wesentliche Behauptung dieses Artikels gültig – nach unserer Kenntnis afrikanischer Fossilien kann die Gattung Homo so alt sein wie *Australopithecus*. Überdies haben wir noch keinen sicheren Beweis für eine fortschreitende Veränderung innerhalb irgendeiner hominiden Gattung.

Taxonomie die Zuschreibung verschiedener Namen für verschiedene Stadien einer evolvierenden Linie erfordern, sollte dieser Brauch doch nicht die biologische Wirklichkeit verdunkeln. Wenn *H. habilis* der direkte Nachkomme von *A. africanus* ist (und die beiden Arten unterscheiden sich nur geringfügig in ihren anatomischen Merkmalen), dann könnte der älteste »Mensch« sehr wohl der älteste *Australopithecus* sein, nicht der älteste Empfänger der willkürlichen Bezeichnung *Homo*. Was ist dann also Aufregendes an ein paar Kiefern und Zähnen, die anderthalb Millionen Jahre jünger sind als der älteste *Australopithecus*?

Ich glaube, daß Mary Leakeys Fund die zweitwichtigste Entdeckung dieser Dekade ist. Um meine Aufregung zu erklären, muß ich ein bißchen Hintergrundwissen aus der menschlichen Paläontologie zur Verfügung stellen und ein grundlegendes, aber oft nicht hinreichend beachtetes Thema der Evolutionstheorie diskutieren – den Konflikt zwischen »Stufen« und »Verzweigungen« als Metaphern für evolutionäre Veränderungen. Ich will behaupten, daß der *Australopithecus*, soweit wir wissen, nicht der Vorfahr des *Homo* sein dürfte; und daß der Weg der Evolution jedenfalls nicht in Stufen verläuft. (Mit »Stufen« meine ich das weit verbreitete Bild von der Evolution als einer kontinuierlichen Folge von Vorfahren und Nachkommen.) Mary Leakeys Kiefer und Zähne sind die ältesten »menschlichen«, die wir kennen.

Die meisten Vorstellungen von der menschlichen Evolution wurden von der Metaphorik der Stufen bestimmt. Wir haben nach einer einzigen, fortschreitenden Abfolge gesucht, die irgendeinen äffischen Vorfahren mit dem zeitgenössischen Menschen verkettet, durch graduelle und kontinuierliche Veränderung. Das »missing link« (»fehlende Glied«) hätte man ebenso gut die »fehlende Stufe« nennen können. Wie der britische Biologe J. Z. Young kürzlich in seiner *Introduction to the Study of Man* (1971) schrieb: »Eine variationenreiche und sich kreuzende Population veränderte sich gradweise, bis sie den Zustand erreichte, den wir als *Homo sapiens* anerkennen.«

Ironischerweise verweigerte die Stufenmetaphorik den afrikanischen *Australopithecinen* zunächst eine Rolle innerhalb der menschlichen Evolution. *A. africanus* ging vollständig aufgerichtet, hatte aber ein Gehirn von weniger als einem Drittel der Größe des unsrigen (vgl. Essay 22). Als er in den 20er Jahren entdeckt wurde, glaubten viele Evolutionsforscher, daß sich in evolvierenden Linien alle Merkmale in Übereinstimmung miteinander verändern müßten – die Lehre von der »harmonischen Transformation des Typus«. Ein aufrechter Affe,

jedoch mit kleinem Gehirn, konnte nur einen anormalen Seitenzweig darstellen, der zum baldigen Aussterben bestimmt war (das wirkliche Zwischenglied hätte wohl, so nehme ich an, ein halb-aufrechtes Wesen mit halbgroßem Gehirn sein sollen). Als sich aber während der 1930er Jahre die moderne Evolutionstheorie entwickelte, verschwand dieser Einwand gegen den *Australopithecus*. Die natürliche Auslese kann in evolutionären Reihen unabhängig auf einzelne Anpassungsmerkmale einwirken und sie zu verschiedenen Zeitpunkten, in verschiedenen Raten verändern. Häufig erfährt eine Gruppe von Charakteristika eine vollständige Veränderung, während andere Merkmale gleich bleiben. Die Paläontologen bezeichnen diese mögliche Unabhängigkeit einzelner Züge als »Mosaik-Evolution«.

Durch die Mosaik-Evolution nunmehr gerechtfertigt, errang *A. africanus* den hohen Status unseres direkten Ahnen. Eine dreistufige Reihe wurde jetzt zur rechtgläubigen Lehre: *A. africanus* – *H. erectus* (Java- und Peking-Mensch) – *H. sapiens*.

Ein kleines Problem ergab sich während der 1930er Jahre, als eine weitere Art der *Australopithecinen* gefunden wurde – die sogenannte robuste Form, *A. robustus* (und später eine »hyperrobuste«, *A. boisei*, die Mary Leakey in den späten 1950er Jahren entdeckte). Die Anthropologen waren zu dem Eingeständnis gezwungen, daß zwei Arten von *Australopithecinen* gleichzeitig lebten, daß somit die Stufenleiter mindestens einen Seitenzweig hatte. Dennoch wurde der Ahnherrenstatus von *A. africanus* noch nicht in Frage gestellt; er erhielt nur einen zweiten und letztlich erfolglosen Nachkommen, die kleinhirnige, großkiefrige robuste Linie.

Dann begannen im Jahre 1964 Louis Leakey und seine Kollegen mit einer radikalen Neuformulierung der menschlichen Evolution, indem sie eine neue Art aus Ostafrika *Homo habilis* nannten. Sie meinten, *H. habilis* sei ein Zeitgenosse der beiden australopithecinen Linien gewesen; überdies betrachteten sie ihn, wie der Name zeigt, als deutlich menschenähnlicher als seine beiden Zeitgenossen. Eine schlechte Neuigkeit für die Stufenleiter: drei gleichzeitige Linien von Vormenschen! Und ein potentieller Nachkomme (*H. habilis*) soll zur gleichen Zeit wie seine mutmaßlichen Vorfahren gelebt haben. Leakey proklamierte offensichtlich eine Ketzerei: beide Linien der *Australopithecinen* sind Seitenzweige mit keiner direkten Rolle für die Evolution des *Homo sapiens*.

Aber *H. habilis*, wie er von Leakey definiert wurde, gab aus zwei Gründen Anlaß zu kontroversen Meinungen. Die überlieferte Stufenleiter konnte noch verteidigt werden:

1. Die Fossilien waren fragmentarisch und stammten von verschiedenen Orten und aus verschiedenen Zeiten. Viele Anthropologen vertraten die Auffassung, Leakey habe zwei verschiedene Dinge durcheinandergebracht, von denen keins eine neue Art darstellt: einiges ältere Material, das eigentlich dem *A. africanus* zugeschrieben werden müßte, und einige jüngere Fossilien, die zu *H. erectus* gehörten.

2. Die Datierung war unsicher. Selbst wenn *H. habilis* eine gültige Art darstellte, mochte er jünger sein als alle bekannten Australopithecinen. Die rechtgläubige Stufenleiter konnte beibehalten werden, wenn sie viergliedrig gedacht wurde: *A. africanus* – *H. habilis* – *H. erectus* – *H. sapiens*.

Aber als der neue Konsensus sich durchzusetzen begann, berichtete Richard Leakey, der Sohn von Louis und Mary, von dem Fund der Dekade, im Jahre 1973. Er hatte einen fast vollständigen Schädel ausgegraben, der ein Fassungsvermögen von nahezu 800 cm³ aufwies, doppelt so viel wie irgendein Exemplar von *A. africanus*. Überdies, und das war das Entscheidende, datierte er den Schädel auf zwei bis drei Millionen Jahre, wobei ihm das höhere Alter wahrscheinlicher schien – das heißt auf ein höheres Alter als das der meisten australopithecinen Fossilien und nicht weit entfernt von dem höchsten von 5,5 Millionen Jahren. *H. habilis* war kein Hirngespinnst von Louis mehr. (Richard Leakeys Exemplar wird oft nur vorsichtig mit seiner Feldnummer ER-1470 bezeichnet. Aber ob wir nun den Namen *Homo habilis* benutzen oder nicht, er gehört sicherlich unserer Gattung an, und er ist sicherlich ein Zeitgenosse des *Australopithecus*.)

Und nun hat Mary Leakey die Reichweite von *H. habilis* um eine weitere Million von Jahren ausgedehnt (vielleicht nahezu um zwei Millionen, wenn ER-1470 eher zwei Millionen als drei Millionen Jahre alt ist, wie die meisten Experten heute annehmen). *H. habilis* ist nicht der direkte Nachkomme des bekannten *A. africanus*; die neuen Funde sind tatsächlich älter als fast alle Exemplare von *A. africanus* (und der taxonomische Status von allen fragmentarischen Exemplaren ist älter, als Mary Leakeys *H. habilis*, der in Frage steht). Auf der Grundlage der uns bekannten Fossilien ist *Homo* ebenso alt wie *Australopithecus*. (Man kann freilich immer noch annehmen, daß *Homo* aus einer älteren, noch unentdeckten Art von *Australopithecus* entstand. Aber es gibt keinen Beweis, der eine solche Behauptung stützen würde, und mit gleichem Recht ließe sich spekulieren, daß *Australopithecus* aus einem unbekannten *Homo* entstand.)

Der Anthropologe Charles Oxnard aus Chicago hat dem *Australopi-*

thecus einen ganz anders begründeten Schlag versetzt. Er untersuchte Schulter, Becken und Fuß von Australopithecinen, heutigen Primaten (Menschenaffen und einigen anderen Affen) sowie von Homo mit den strengen Techniken der multivariaten Analyse (der simultanen statistischen Berücksichtigung einer großen Zahl von Messungen). Dabei kam er zu der Folgerung – obwohl ihm viele Anthropologen widersprechen –, daß die Australopithecinen sich »einzigartig unterscheiden«, sowohl von Affen als auch von Menschen, und befürwortet daher »die Aussonderung der verschiedenen Mitglieder dieser relativ kleinhirnigen, eigenartig selbstständigen Gattung Australopithecus in eine oder mehrere parallele Seitenlinien, abseits von einer direkten Verkettung mit dem Menschen.«

Was wird aus unserer Stufenleiter, wenn wir drei gleichzeitige Linien von Hominiden annehmen müssen (*A. africanus*, die robusten Australopithecinen und *H. habilis*), von denen keine eindeutig aus einer anderen hervorgeht? Überdies entfaltete keine dieser drei während ihres Aufenthaltes auf der Erde irgendwelche evolutinären Tendenzen: keine entwickelte mehr Gehirn oder einen aufrechteren Gang, während sie sich der Gegenwart näherten.

An diesem Punkt, muß ich zugeben, ducke ich mich ängstlich, weil mir vollkommen klar ist, daß alle Schöpfungsgläubigen, die mich mit einer Sintflut von Briefen überschwemmen, denken müssen: »Gould gibt also zu, daß wir keine Spur einer evolutionären Stufenleiter unter den frühen afrikanischen Hominiden verfolgen können; Arten tauchen auf und verschwinden wieder, ohne sich von ihren Großeltern unterschieden zu haben. Klingt mir stark nach besonderer Schöpfung.« (Wobei man immerhin fragen mag, warum Gott es gut fand, so viele Arten von Hominiden auszuprobieren, und warum einige seiner späteren Produktionen, insbesondere *H. erectus*, so weitaus menschlicher aussehen als die früheren Modelle.) Ich würde vorschlagen, daß der Fehler nicht bei der Evolution liegt, sondern bei einem falschen Bild von ihrer Wirkungsweise, an dem die meisten von uns festhalten – nämlich die Stufenleiter; und das bringt mich auf das Thema der Verzweigung.

Ich möchte behaupten, daß das »plötzliche« Auftauchen von Arten in der fossilen Überlieferung und die Unmöglichkeit, anschließend innerhalb dieser Arten evolutionäre Veränderungen zu bemerken, eben der Vorhersage der Evolutionstheorie entspricht, wie wir sie verstehen. Die Evolution schreitet gewöhnlich durch »Artbildung« voran – die Absplitterung einer Linie von einem Elternvorrat –, nicht durch die langsame und stetige Verwandlung des gesamten großen

Vorrats. Wiederholte Episoden der Artbildung bringen einen verzweigten Busch hervor. Evolutionäre Folgen gleichen nicht den Sprossen einer Leiter, sondern sie sind unsere rückblickende Rekonstruktion eines gewundenen Pfades, der wie ein Labyrinth verläuft, von Ast zu Ast, von der Wurzel des Busches zur jetzt überlebenden Linie an der Spitze.

Wie tritt Artbildung ein? Das ist das ewig heiße Eisen in der Evolutionstheorie, aber die meisten Biologen würden heute wohl die »allopatrische Theorie« unterschreiben (die Debatte geht um die Zulässigkeit anderer Modi; fast jedermann ist davon überzeugt, daß die allopatrische Artbildung der üblichste Modus ist). *Allopatrisch* bedeutet »an einem anderen Ort«. Nach der allopatrischen Theorie, wie sie von Ernst Mayr verbreitet wurde, entstehen neue Arten in sehr *kleinen* Populationen, die von der Elterngruppe isoliert werden und sich an der *Peripherie* des Wirkungskreises der Vorfahren befinden. In diesen kleinen Isolaten verläuft die Artbildung nach evolutionären Standards sehr rasch – in Jahrhunderten oder Jahrtausenden (also innerhalb einer geologischen Mikrosekunde).

Wesentliche evolutionäre Veränderungen können in solchen kleinen, isolierten Populationen auftreten. Eine günstige genetische Variation kann sich unter ihnen rasch ausbreiten. Überdies wirkt die natürliche Auslese in geographischen Randlagen, wo die Art erst Fuß fassen muß, besonders intensiv. In großen zentralen Populationen hingegen verbreiten sich günstige Variationen sehr langsam, und die gut adaptierte Population widersteht standhaft den meisten Veränderungen. Kleine Veränderungen treten auf, um den Erfordernissen des sich langsam ändernden Klimas zu entsprechen, aber die wesentlichen genetischen Umorganisierungen treten fast immer in den kleinen, an der Peripherie isolierten Populationen auf, die eine neue Art bilden. Wenn eine Evolution fast immer durch rasche Artbildung in kleinen, peripheren Isolaten eintritt – und weniger durch langsamen Wandel in großen, zentralen Populationen –, wie sollte die fossile Überlieferung dann wohl ausschauen? Wir können kaum erwarten, das Ereignis der Artbildung selbst zu entdecken. Es läuft zu rasch ab, in einer zu kleinen Gruppe, zu weit isoliert von der Reichweite der Vorfahren. Wir werden der neuen Art als Fossil erst begegnen, wenn sie wieder in die Reichweite der Vorfahren eintritt und eine große, zentrale Population mit eigenem Gewicht bildet. Während ihrer von der fossilen Überlieferung festgehaltenen Geschichte können wir keine größere Veränderung erwarten; denn wir kennen sie nur als erfolgreiche, zentrale Population. Sie wird am Prozeß des organischen Wandels erst

teilhaben, wenn eine ihrer peripheren Isolate eine neue Art bildet, zum neuen Zweig des evolutionären Busches wird. Aber die Art selbst wird »plötzlich« in der fossilen Überlieferung auftauchen und später mit ähnlicher Geschwindigkeit aussterben, ohne merklich die Gestalt geändert zu haben.

Die fossilen Hominiden Afrikas entsprechen vollkommen diesen Erwartungen. Wir wissen von drei gleichzeitigen Zweigen des menschlichen Strauchs. Ich würde mich wundern, wenn wir nicht bis zum Ende des Jahrhunderts noch doppelt so viele entdecken würden. Die Zweige ändern sich während ihrer überlieferten Geschichte nicht – denn die Evolution konzentriert sich in raschen Ereignissen der Artbildung, der Produktion neuer Zweige.

Homo sapiens ist nicht das vorbestimmte Produkt einer Stufenleiter, die sich von Anbeginn auf unseren erhöhten Status ausgerichtet hätte. Wir sind bloß der überlebende Zweig eines einst vielfältig wuchernden Strauches.

7 Das Kind als wahrer Vater des Mannes

Ponce de Leons Suche nach dem Jungbrunnen setzt sich in den Pensionsvillen des Sonnenlandes, das er entdeckte, fort. Chinesische Alchimisten glaubten einst, die Droge der Unsterblichkeit zu gewinnen, indem sie die Unverweslichkeit des Fleisches durch die Dauerhaftigkeit des Goldes stützen wollten. Wie viele von uns würden heute noch Fausts Pakt mit dem Teufel im Austausch für ein ewiges Leben eingehen?

Unsere Literatur berichtet aber auch von den Problemen der Unsterblichkeit. Wordsworth meinte in seiner berühmten Ode, daß die kindlich helle Vision vom »Glanz des Gases, der Pracht der Blumen« nie mehr wiedergefunden werden kann – obwohl er den Ratschlag gab, wir sollten uns darum »nicht grämen, sondern Stärke suchen in dem, was bleibt.« Aldous Huxley widmete einen Roman – *After Many a Summer Dies the Swan* (Nach manch einem Sommer stirbt der Schwan) – der Illustration des Themas von den fragwürdigen Segnungen der Ewigkeit. Mit der maßlosen Arroganz, die nur ein amerikanischer Millionär an den Tag legen kann, macht sich Jo Stoyte daran, Unsterblichkeit zu kaufen. Der von ihm angeheuerte Wissenschaftler, Dr. Obispo, entdeckt, daß der fünfte Earl von Gonister durch die tägliche Einnahme von Karpfeneingeweiden sein Leben weit über zweihundert Jahre hinaus verlängert hat. Sie reisen nach England,

brechen in das bewachte Schloß ein und stellen fest – zu Stoytes Entsetzen und Obispos herzlichem Vergnügen –, daß der Earl und sein Liebhaber zu Affen herangewachsen sind. Die schreckliche Wahrheit über unseren Ursprung ist ausgesprochen: Unsere Evolution fand statt, indem wir die jugendlichen Züge unserer Ahnen festhielten, ein Prozeß, der mit dem Fachausdruck Neotonie bezeichnet wird (wörtlich »Erhaltung von Jugend«).

»Ein fötaler Affe hat Zeit genug gehabt, um heranzuwachsen,« vermochte Dr. Obispo schließlich zu sagen. »Das ist wirklich gut!« Wiederum wurde er von Lachen geschüttelt... Mr. Stoyte ergriff seine Schultern und schüttelte ihn heftig... »Was ist mit ihnen geschehen?« – »Einfach die Zeit«, sagte Dr. Obispo leichthin... »Der anthropoide Fötus hatte die Gelegenheit, erwachsen zu werden...« Ohne sich von dem Ort zu erheben, wo er saß, pinkelte der Fünfte Earl auf den Fußboden.

Aldous Huxley fand sein Thema in der »Fetalisierungstheorie«, die der holländische Anatom Louis Bolk in den 1920er Jahren entwickelte (und die Huxley vermutlich durch seinen Bruder Julian kennenlernte, welcher einige wichtige Forschungen über die verzögerte Metamorphose bei Amphibien durchgeführt hatte). Bolk begründete seine Vorstellung in einer eindrucksvollen Liste von Merkmalen, die wir mit den juvenilen – aber nicht den erwachsenen – Stadien anderer Primaten und überhaupt anderer Säugetiere gemeinsam haben. Unter mehr als zwanzig wesentlichen Charakteristika enthält diese Liste die folgenden:

1. Unser runder, zwiebel förmiger Schädel – das Haus unseres größeren Gehirns. Affenembryos haben einen ähnlichen Schädel, aber das Gehirn wächst langsamer als der übrige Körper (vgl. Essays 22 und 23), sodaß die Schädelwölbung bei den ausgewachsenen Tieren relativ niedriger und kleiner wird. Unser Gehirn erlangte seinen großen Umfang wahrscheinlich, indem es die hohen Raten des fötalen Wachstums beibehielt.
2. Unser »jugendliches« Gesicht – gerades Profil, kleine Kiefer und Zähne, schwache Stirnwülste. Die ebenfalls kleinen Kiefer junger Affen wachsen relativ schneller als der Rest des Schädels, um dann bei den ausgewachsenen Tieren eine ausgeprägte Schnauze zu bilden.
3. Die Lage des Foramen magnum – des Lochs in der Schädelbasis, aus dem das Rückenmark austritt. Wie bei den Embryos fast aller Säugetiere liegt unser Foramen magnum unter dem Schädel und weist nach unten. Unser Schädel befindet sich an der Spitze des Rückgrats, wir schauen geradeaus, wenn wir aufrecht stehen. Bei anderen

Säugetieren verschiebt sich die Lage des Foramen in eine Lage hinten am Schädel, die rückwärts weist. Das entspricht ihrem vierfüßigen Leben, da sich der Kopf nun vor der Wirbelsäule befindet und die Augen vorwärts schauen. Die drei morphologischen Merkmale, die am häufigsten als Zeichen der Menschheit angeführt werden, sind unser großes Gehirn, unsere kleinen Kiefer und unsere aufrechte Haltung. Die Erhaltung juveniler Charakteristika mag bei der Evolution all dieser Züge eine wesentliche Rolle gespielt haben.

4. Die späte Schließung der Schädelnähte und andere Anzeichen einer verspäteten Verkalkung des Skeletts. Babys haben eine große »weiche Stelle«, und die Nähte zwischen unseren Schädelknochen schließen sich erst einige Zeit nach dem Erwachsenwerden. Dadurch kann unser Gehirn sein starkes postnatales Wachstum fortsetzen. (Bei den meisten anderen Säugetieren ist das Gehirn bei der Geburt nahezu fertig und der Schädel bereits verknöchert.) Ein führender Primatenanatom hat bemerkt: »Obwohl der Mensch in der Gebärmutter zu wesentlich stärkerer Größe als irgendein anderer Primat heranwächst, ist die Reifung seines Skeletts bei der Geburt erheblich weniger weit fortgeschritten als bei irgendeinem Affen, über den brauchbare Informationen vorliegen.« Nur beim Menschen bestehen die Enden langer Knochen und der Finger bei der Geburt noch aus Knorpel.

5. Bauchlage der Scheide bei den Frauen. Wir verkehren am bequemsten mit einander zugewandten Gesichtern, weil wir dazu gebaut sind, es auf diese Weise zu tun¹. Auch bei Säugetierembryos zeigt die Scheide nach vorn, aber sie schiebt sich beim Wachstum nach hinten, weshalb die männlichen Tiere die weiblichen von hinten her besteigen.

6. Unser starker großer Zeh, der sich nicht drehen und abspreizen läßt. Der große Zeh der meisten Primaten ist anfänglich ebenso beschaffen, dreht sich aber dann zur Seite und stellt sich den anderen Zehen gegenüber, um das Greifen zu ermöglichen. Indem wir einen juvenilen Zug beibehielten, der den Fuß für das Gehen stärkt, wurde unsere aufrechte Haltung gefördert.

Bolks Liste war eindrucksvoll (dies ist nur ein kleiner Teil davon), aber er verknüpfte sie mit einer Theorie, die seine Beobachtungen verdunkelte und Aldous Huxley zu seiner antifaustischen Metapher anregte. Bolk meinte nämlich, daß unsere Evolution mit einer Veränderung des hormonellen Gleichgewichts einherging, welche die Entwicklung insgesamt verzögert. Er schrieb:

¹ Jedenfalls viele von uns. (A. d. Ü.)

Wenn ich das grundlegende Prinzip meiner Vorstellungen in einem etwas eigenartig formulierten Satz ausdrücken darf, würde ich sagen, daß der Mensch ein Primatenfötus ist, der geschlechtsreif geworden ist.

Oder um noch einmal Aldous Huxley zu zitieren:

Es besteht eine Art Drüsengleichgewicht... Dann kommt eine Mutation vorbei und wirft es über den Haufen. Es entsteht ein neues Gleichgewicht, von dem sich herausstellt, daß es die Entwicklungsrate verzögert. Man wächst heran, aber das geschieht so langsam, daß man bereits stirbt, bevor man aufgehört hat, dem Fötus des Urgroßvaters zu ähneln.

Bolk schrak nicht vor der offensichtlichen Implikation zurück. Wenn wir unsere distinktiven Züge einer hormonalen Bremse in der Entwicklung verdanken, dann könnte diese Bremse leicht gelockert werden: »Man wird bemerken«, schrieb Bolk, »daß eine Anzahl von Merkmalen in uns ruhen, die man als pithecoïd bezeichnen könnte, in einem latenten Zustand, nur auf den Wegfall der retardierenden Kräfte wartend, um wieder aktiv zu werden.«

Was für eine bedenkliche Lage für die Krone der Schöpfung! Ein in der Entwicklung aufgehaltener Affe, der den Funken der Gottheit nur mittels einer chemischen Bremse in seiner Drüsenentwicklung festhalten kann!

Bolks Mechanismus fand nie eine starke Unterstützung, aber er wurde wahrhaft absurd, als sich in den 30er Jahren der moderne Darwinismus entwickelte. Wie konnte ein einfacher hormonaler Wandel eine derart komplizierte morphologische Reaktion bewirken? Nicht alle Merkmale sind retardiert (die langen Beine zum Beispiel), und diejenigen, die es sind, zeigen verschiedene Grade der Verlangsamung. Die Organe evolvieren getrennt voneinander, als Reaktion auf verschiedene Erfordernisse der Adaption – eine Vorstellung, die wir Mosaik-Evolution nennen. Leider wurden Bolks vorzügliche Beobachtungen unter der Last der berechtigten Kritik an seinem phantastischen Mechanismus begraben. Die Theorie der menschlichen Neotenie wird heute in anthropologischen Lehrbüchern gewöhnlich in ein oder zwei Absätzen abgehandelt. Aber ich glaube, daß sie im Grunde richtig ist; ein wesentliches, wenn nicht beherrschendes Motiv der menschlichen Evolution. Aber wie können wir Bolks Beobachtungen von seiner Theorie ablösen?

Wenn wir unsere Argumentation in der Liste neotenischer Merkmale begründen wollen, sind wir verloren. Die Konzeption der Mosaik-Evolution besagt, daß die verschiedenen Organe auf unterschiedliche

Weise evolvieren, um unterschiedlichen Zwängen der natürlichen Auslese zu entsprechen. Anhänger der Neotenie zählen die einen Merkmale auf, Gegner bringen die anderen vor, und alsbald ergibt sich ein Patt. Wer kann sagen, welche Merkmale »grundlegender« sind? Zum Beispiel hat kürzlich ein Anhänger der Neotenie geschrieben: »Die meisten Tiere zeigen in einigen Merkmalen eine Retardierung, bei anderen eine Beschleunigung . . . Insgesamt glaube ich, daß beim Menschen im Vergleich zu anderen Primaten Verlangsamungen bei weitem die Beschleunigungen überwiegen.« Aber ein Gegner proklamiert: »Die neotenischen Charakteristika . . . sind sekundäre Folgen von nichtneotenischen Schlüsselmerkmalen.« Der Aufweis der Gültigkeit von Neotenie als eines grundlegenden Phänomens kann sich nicht auf eine eindrucksvolle Liste von retardierten Charakteristika beschränken; sie muß als zu erwartendes Ergebnis von Prozessen gerechtfertigt werden, die in der menschlichen Evolution wirksam sind.

Der Begriff der Neotenie errang seinen ursprünglichen Ruhm als Widerspruch zur Theorie der Rekapitulation, die in der Biologie des späten 19. Jahrhunderts eine dominierende Vorstellung ausmachte. Die Theorie der Rekapitulation besagte, daß die Tiere während ihres embryonalen und postnatalen Wachstums die erwachsenen Stadien ihrer Vorfahren wiederholen – die Ontogenese wiederholt die Phylogenese, so lautete der mystische Satz, den wir alle in der gymnasialen Biologie lernten. (Die Anhänger dieser Theorie behaupteten, unsere embryonalen Kiemen repräsentierten den erwachsenen Fisch, von dem wir abstammten.) Wenn die Idee der Rekapitulation insgesamt richtig wäre – was sie nicht ist –, müßten alle Merkmale innerhalb der Evolutionsgeschichte *beschleunigt* werden, denn erwachsene Merkmale von Vorfahren können nur jugendliche Stadien von Nachkommen werden, wenn die Entwicklung rascher abläuft. Neotenische Charakteristika hingegen sind *retardiert*, da juvenile Züge von Vorfahren erst verzögert im erwachsenen Stadium der Nachkommen auftreten. Es gibt also eine allgemeine Korrespondenz zwischen beschleunigter Entwicklung und Rekapitulation, sowie verzögerter Entwicklung und Neotenie. Wenn wir eine allgemeine Verzögerung der Entwicklung in der menschlichen Evolution nachweisen können, läßt sich also eine Neotenie von Schlüsselmerkmalen erwarten und ist nicht nur Ergebnis einer empirischen Aufzählung.

Ich glaube nicht, daß Retardierung als grundlegendes Ereignis in der menschlichen Evolution geleugnet werden kann. Zunächst einmal sind alle Primaten im Verhältnis zu anderen Säugetieren retardiert.

Sie leben länger und reifen langsamer als andere Säugetiere von vergleichbarer Körpergröße. Diese Tendenz setzt sich durch die gesamte Evolution der Primaten fort. Menschenaffen sind allgemein größer, reifen langsamer und leben länger als andere Affen und Halbaffen. Der Verlauf und die Geschwindigkeit unseres Lebens ist noch weit auffälliger verlangsamt. Die Dauer unserer Schwangerschaft ist nur unwesentlich länger als bei den Menschenaffen, aber unsere Babys werden mit einem erheblich höheren Gewicht geboren – vermutlich, weil wir unsere hohen fötalen Wachstumsraten beibehalten. Ich habe schon von der Verzögerung unserer Verknöcherung gesprochen. Unsere Zähne treten später hervor, wir reifen später, und wir leben länger. Viele von unseren Systemen wachsen noch, wenn das Wachstum der entsprechenden Organe bei anderen Primaten längst abgeschlossen ist. Bei der Geburt umfaßt das Gehirn des Rhesusaffen 65 Prozent seiner späteren Größe, bei einem Schimpansen sind es 40,5 Prozent, bei uns aber nur 23 Prozent. Schimpansen und Gorillas erreichen 70 Prozent ihrer Gehirngröße früh im ersten Lebensjahr, wir jedoch erst zu Beginn des dritten Lebensjahres. W. M. Krogman, ein führender Experte für das kindliche Wachstum, hat geschrieben: »Der Mensch hat unter allen Formen des Lebens entschieden die am weitesten ausgedehnte Periode von Kindheit und Jugend; d. h. er ist ein neotenisches oder lange-wachsendes Lebewesen. Fast dreißig Prozent seiner gesamten Lebensspanne sind dem Wachsen gewidmet.«

Diese Verlangsamung unserer Entwicklung garantiert nicht, daß wir als Erwachsene jugendliche Proportionen behalten. Aber da Neotenie und verzögerte Entwicklung überhaupt miteinander verknüpft sind, stellt die Retardierung einen Mechanismus dar, mittels dessen sich für den erwachsenen Lebensstil der Nachkommen geeignete juvenile Merkmale leicht erhalten lassen. Tatsächlich machen juvenile Charakteristika einen gewaltigen Vorrat möglicher Adaptionen für die Nachkommen aus, und sie können leicht genutzt werden, wenn die Entwicklung zeitlich stark verzögert wird (vergleiche die anfangs erwähnten nicht abspreizbaren großen Zehen und die kleinen Gesichter von Primaten-Embryos). In unserem Falle beeinflusste die »Greifbarkeit« juveniler Merkmale ganz offensichtlich den Weg zu vielen von unseren distinktiven Adaptionen.

Aber was für eine Bedeutung für die Anpassung hat die retardierte Entwicklung selbst? Vermutlich liegt die Antwort auf diese Frage in unserer sozialen Evolution. Wir sind in hohem Maße ein lernendes Lebewesen. Wir sind nicht besonders stark, schnell oder gut kon-

struiert; wir pflanzen uns langsam fort. Unser Vorteil liegt in unserem Hirn mit seiner bemerkenswerten Fähigkeit, aus Erfahrungen zu lernen. Um das Lernen zu befördern, haben wir unsere Kindheit verlängert und zu diesem Zweck die Geschlechtsreife mit ihrem Bedürfnis nach Unabhängigkeit verzögert. Unsere Kinder sind für einen längeren Zeitraum an die Eltern gebunden, wodurch ihre eigene Zeit des Lernens verlängert wird und überdies die Familienbande verstärkt werden.

Dies Argument ist alt, aber immer noch brauchbar. John Locke (1689) pries unsere lange Kindheit, weil sie die Eltern zusammenhalte: »Dabei kann man nicht umhin, die Weisheit des großen Schöpfers zu bewundern, der . . . es notwendig gemacht hat, daß die Gemeinschaft von Mann und Frau länger anhalten soll als die von Männchen und Weibchen bei den meisten anderen Lebewesen, so daß ihr Fleiß ermutigt und ihre Interessen vereint werden, Vorräte anzulegen und Güter für die gemeinsamen Nachkommen aufzubewahren.« Aber Alexander Pope (1735) sagte es noch besser, und überdies in Versen:

Einhellig sorgen die Tiere und Vögel für ihre Brut,
Nähren tun sie die Mütter, die Väter wahren die Hut;
Kaum aber streben die Jungen in Wälder und Lüfte fort,
Endet der pflegende Trieb, wird verlassen der Hort.
Längere Pflege ist hilfloser Menschen Not,
Längere Pflege knüpft ihre Bande bis in den Tod.

8 Menschliche Säuglinge als Embryos

Mel Allen, der unbezähmbare Werbeansager für den Yankee-Baseball zur Zeit meiner Jugend¹, erregte doch schließlich mein Mißfallen, als er seine Geldgeber allzu enthusiastisch feierte. Niemals stutzte ich, wenn er Heimspiele als »Ballantine-Tour« bezeichnete, aber eines Nachmittags wurde meine Geduld doch etwas strapaziert, als DiMaggio den linken Feldgrenzenpfosten um zwei Zentimeter verfehlte und Allen ausrief: »Grenzball um die Aschenlänge einer White-Owl-Zigarre!« Ich will hoffen, daß ich kein ähnliches Mißvergnügen

¹ Von meinem in der Einleitung gegebenen Versprechen, alle rhetorischen Hinweise auf die ursprüngliche Quelle dieser Essays, meine monatliche Kolumne in *Natural History Magazine*, wegzulassen, weiche ich an dieser Stelle ab. Denn wo sonst werde ich je die Gelegenheit haben, jenem Mann meinen Tribut zu zollen, der in meiner Jugend allein, was die zeitliche Menge der Aufmerksamkeit betrifft, einzig meinem Vater nachstand; er und die Yankees gehörten zu meinem größten Vergnügen (ich besitze sogar einen Ball, den DiMaggio eines Tages über die Grenze brachte).

erregt, wenn ich gestehe, daß ich *Natural History* mit Vergnügen lese und sogar mitunter aus einem darin erschienenen Artikel die Idee für einen Essay entnehme.

Im Novemberheft 1975 schrieb hier mein Freund Bob Martin einen Aufsatz über die Fortpflanzungsstrategien von Primaten. Er hob dabei die Arbeit eines meiner Lieblingswissenschaftler hervor – des eigenwilligen Schweizer Zoologen Adolf Portmann. Bei seinen umfangreichen Studien identifizierte Portmann zwei grundlegende Muster für die Reproduktionsstrategien der Säugetiere. Einige Säugetiere, die wir gewöhnlich als »primitiv« bezeichnen, haben eine kurze Zeit der Trächtigkeit und gebären große Würfe gering entwickelter Junger (klein, unbehaart, hilflos, mit geschlossenen Augen und Ohren). Die Lebensspannen sind kurz, die Gehirne klein (im Verhältnis zur Körpergröße), und das Sozialverhalten ist nicht stark ausgebildet. Portmann bezeichnet dies Muster als das der Nesthocker. Andererseits haben viele »fortgeschrittene« Säugetiere lange Zeiten der Trächtigkeit, lange Lebensspannen, große Gehirne, ein komplexes Sozialverhalten und gebären wenige, stark entwickelte Junge, die zumindest teilweise in der Lage sind, von Geburt an sich selbst zu erhalten. Diese Züge kennzeichnen die Nestflüchter unter den Säugetieren. In Portmanns Vorstellung von der Evolution, die unablässig aufwärts, zu höherer geistiger Entwicklung führt, ist das Muster der Nesthocker primitiv, eine Vorbereitung für den höheren Typus der Nestflüchter, der sich gemeinsam mit dem größeren Gehirn entwickelt. Die meisten angelsächsischen Evolutionstheoretiker würden natürlich diese Deutung ablehnen und die grundlegenden Muster mit den unmittelbaren Erfordernissen unterschiedlicher Lebensformen verknüpfen. (Ich selbst pflege diese Essays zu benutzen, um meinen Vorurteilen gegen eine Gleichsetzung von Evolution und Fortschritt freien Lauf zu lassen.) Das Muster der Nesthocker, meint Martin, scheint wechselhaften, unsicheren Umgebungen in Randgebieten zu entsprechen, wo es für die Tiere am besten ist, so viele Nachkommen wie möglich zu produzieren, so daß einige davon die Rauheit und Ungewißheit der Überlebensmöglichkeiten überstehen können. Das Muster der Nestflüchter entspricht eher warmen, stabilen Umgebungen. Da hier die Versorgungsquellen sicherer sind, können die Tiere ihre begrenzte Energie in wenige, gut entwickelte Nachkommen investieren.

Welche Erklärung nun auch richtig sein mag, niemand wird bestreiten, daß die Primaten archetypische Nestflüchter-Säugetiere sind. Im Verhältnis zur Körpergröße haben sie die größten Gehirne, die

Zeitspanne der Trächtigkeit und die Lebensspanne sind unter den Säugetieren die längsten. Die Größe des Wurfes ist in den meisten Fällen auf das absolute Minimum von einem Jungen vermindert. Dieses ist bei Geburt wohl entwickelt und allein lebensfähig. Dennoch gibt es, obwohl Martin das nicht erwähnt, eine offenbar verwirrende, aber ins Auge fallende Ausnahme – nämlich uns. Wir teilen die meisten Nestflüchter-Merkmale mit unseren Cousins und Cousinen unter den Primaten – langes Leben, großes Gehirn, kleine Würfe. Aber unsere Babys sind bei der Geburt so hilflos und unfertig wie die der ausgeprägtesten Nesthocker unter den Säugetieren. Tatsächlich bezeichnet Portmann die menschlichen Säuglinge als »sekundäre Nesthocker«. Warum entwickelte diese in manchen Zügen (insbesondere der Gehirngröße) exemplarische Art der Nestflüchter einen weitaus hilfloseren und unfertigeren Säugling als den ihrer Primaten-ahnen?

Ich möchte eine Antwort auf diese Frage vorschlagen, die vermutlich den meisten Lesern schlechterdings absurd erscheinen wird: Menschliche Babys werden als Embryos geboren, und sie bleiben etwa in den ersten neun Lebensmonaten Embryos. Wenn die Frauen zur »richtigen« Zeit gebären würden – nach einer Trächtigkeit von etwa anderthalb Jahren –, würden unsere Säuglinge die üblichen Nestflüchter-Merkmale aller anderen Primaten teilen. Dies ist auch Portmanns Ansicht, wie er sie in einigen deutschen Aufsätzen in den 1940er Jahren entwickelt hat, die in den Vereinigten Staaten meist unbekannt sind. Unabhängig davon kam Ashley Montagu in einem Artikel zu der gleichen Schlußfolgerung, den er im Oktober 1961 im *Journal of the American Medical Association* veröffentlicht hat. Der Oxford-Psychologe R. E. Passingham vertrat sie in einer Studie, die er Ende 1975 in der Fachzeitschrift *Brain, Behavior and Evolution* publizierte. Dieser distinguierten Gruppe schließe ich mich an, ich halte die These für grundlegend richtig.

Der anfängliche Eindruck, eine solche Annahme könne nur krasser Unsinn sein, entsteht aus der langen Dauer der menschlichen Schwangerschaft. Gorillas und Schimpansen reichen fast an uns heran, aber dennoch ist die menschliche Trächtigkeit die längste unter den Primaten. Wie kann man also behaupten, daß menschliche Neugeborene Embryos seien, weil sie (in mancher Hinsicht) zu früh geboren werden? Die Antwort liegt darin, daß Planetentage nicht für alle biologischen Berechnungen den zweckmäßigen zeitlichen Maßstab darstellen. Einige Fragen lassen sich nur angemessen behandeln, wenn die Zeit relativ gemessen wird, in den Tempi des eigenen

Stoffwechsels und der Entwicklungsrate eines Lebewesens. Wir wissen zum Beispiel, daß die Lebensspannen von Säugetieren zwischen ein paar Wochen und mehr als hundert Jahren variieren. Aber handelt es sich da um einen »wirklichen« Unterschied in der eigenen Zeitwahrnehmung des Säugetiers? Lebt eine Ratte wirklich »kürzer« als ein Elefant? Maßgesetze besagen, daß kleinere, warmblütige Tiere nach einem schnelleren Rhythmus leben als ihre größeren Verwandten (vgl. die Essays 21 und 22). Ihr Herz schlägt schneller, und ihr Stoffwechsel läuft in erheblich kürzeren Phasen ab. Tatsächlich leben alle Säugetiere, wenn man verschiedene Kriterien der relativen Zeit zusammennimmt, etwa gleich lange. Zum Beispiel atmen sie alle gleich oft im Leben (kleine, kurzlebige Säugetiere atmen viel rascher als große, langsame Stoffwechseler.)

In astronomischen Tagen ausgedrückt, ist die menschliche Schwangerschaft lang, aber im Verhältnis zu den menschlichen Entwicklungsraten ist sie abgekürzt. Im vorigen Essay habe ich die These vertreten, daß ein, wenn nicht das wesentliche Merkmal der menschlichen Evolution in der starken Verlangsamung unserer Entwicklung liegt. Unser Gehirn wächst langsamer und eine längere Zeit als das der anderen Primaten, unsere Knochen verhärten später, und die Periode unserer Kindheit ist erheblich verlängert. Wir erreichen überhaupt nie das Entwicklungsstadium, zu dem die meisten Primaten gelangen. Unter einigen wesentlichen Aspekten behalten die menschlichen Erwachsenen jugendliche Züge der Primaten nahe – ein evolutionäres Phänomen, das man Neotenie nennt.

Im Vergleich mit anderen Primaten wachsen und entwickeln wir uns im Schnecken tempo; aber unsere Trächtigkeit dauert nur wenige Tage länger als die der Schimpansen und Gorillas. Im Verhältnis zu unserer eigenen Entwicklungsrate hat sich unsere Schwangerschaft also merklich verkürzt. Wenn die Dauer der Trächtigkeit im selben Maße wie unser Wachstum und unsere Entwicklung verlangsamt wäre, würden die menschlichen Säuglinge irgendwo zwischen sieben oder acht Monate (Passinghams Schätzung) oder einem Jahr (Portmanns und Ashley Montagus Berechnung) nach den tatsächlich in der Gebärmutter verbrachten neun Monaten geboren werden.

Aber ist es nicht eine reine Metapher oder ein Wortspiel, wenn ich die menschlichen Babys als »Embryos« bezeichne? Ich habe gerade zwei eigene Sprößlinge über dies zarte Alter hinausgebracht und die ganze geheimnisvolle Freude an ihrer geistigen und körperlichen Entwicklung erlebt – an Dingen, die nie im dunklen, umschließenden Bauch stattfinden könnten. Dennoch muß ich Portmann zustimmen, wenn

ich die Daten ihres physischen Wachstums betrachte, denn während des ersten Lebensjahres teilen die menschlichen Säuglinge die Wachstumsmuster von Primaten- oder Säugetierföti, nicht von anderen Primatenbabys. (Die Bezeichnung bestimmter Wachstumsmuster als fötal oder postnatal ist nicht willkürlich. Die postnatale Entwicklung stellt nicht einfach eine Verlängerung embryonaler Tendenzen dar; die Geburt ist in vielerlei Hinsicht ein Augenblick der Diskontinuität.) Menschliche Neugeborene haben zum Beispiel noch keine verknöcherten Finger; in ihnen gibt es gewöhnlich noch nicht einmal Zentren der Verknöcherung. Dieser Zustand entspricht der achtzehnten fötalen Woche bei den Makak-Affen. Wenn die Makaken nach vierundzwanzig Wochen geboren werden, hat die Verknöcherung in ihren Gliedmaßen einen Grad erreicht, der bei den Menschen erst Jahre nach der Geburt eintritt. Was noch entscheidender ist: unser Gehirn wächst nach der Geburt in raschen fötalen Raten weiter. Das Gehirn vieler Säugetiere ist bei der Geburt im wesentlichen vollständig ausgebildet. Andere Primaten setzen die Gehirnentwicklung bis ins frühe postnatale Wachstum fort. Das Gehirn eines menschlichen Säuglings weist bei der Geburt erst ein Viertel seiner endgültigen Größe auf. Passingham schreibt: »Die Proportion, die sich bei neugeborenen Schimpansen findet, erreicht das menschliche Gehirn erst etwa sechs Monate nach der Geburt. Dieser Zeitraum entspricht recht gut dem Zeitpunkt, zu dem der Mensch geboren werden sollte, wenn seine Trächtigkeitsdauer im gleichen Verhältnis zur Entwicklung und zur Lebensspanne wie bei den Affen stehen würde.«

A. H. Schultz, einer der größten Primatenanatomien dieses Jahrhunderts, faßte seine vergleichende Studie über das Wachstum bei den Primaten mit der Feststellung zusammen: »Offensichtlich ist die menschliche Ontogenese im Hinblick auf die Dauer des Lebens im Uterus nicht einzigartig, aber sie gewann eine hochgradige Spezialisierung durch die auffällige Verlangsamung bei der Vervollständigung des Wachstums und beim Beginn der Senilität.«

Aber warum werden die menschlichen Säuglinge vorzeitig geboren? Warum hat die Evolution unsere allgemeine Entwicklung derart ausgedehnt und dabei die Trächtigkeitsdauer so verkürzt, daß wir mit eigentlich embryonalen Babys gesegnet wurden? Warum wurde die Schwangerschaft nicht zusammen mit der übrigen Entwicklung verlängert? In Portmanns spiritueller Schau der Evolution muß die verfrühte Geburt eine Funktion geistiger Erfordernisse sein. Nach seiner These müssen Menschen als lernende Lebewesen den dunklen Mutterleib, der keine Herausforderungen bietet, verlassen, um

bereits als flexible Embryos Zugang zur extrauterinen Umgebung zu erlangen, reich an sichtbaren Gegenständen, Gerüchen, Geräuschen und Berührungen.

Ich glaube hingegen (gemeinsam mit Ashley Montagu und Passingham), daß der wesentlichere Grund in einer Erwägung zu finden ist, die Portmann als schmähsch mechanistisch und materialistisch verachtet. Denn nach dem, was ich gesehen habe (obgleich ich es natürlich nicht sicher wissen kann), ist die menschliche Geburt eine glückliche Erfahrung, wenn sie nur erst wieder den arroganten männlichen Ärzten entzogen wird, die totale Kontrolle über einen Vorgang ausüben möchten, den sie nicht erfahren können. Dennoch glaube ich, man kann nicht bestreiten, daß die menschliche Geburt im Vergleich mit den meisten anderen Säugetieren schwierig ist. Um es etwas gröber zu sagen, das Kind sitzt ziemlich in der Klemme. Wir wissen, daß Primatenweibchen beim Versuch der Geburt sterben können, wenn der Kopf des Fötus zu groß ist, um durch den Beckenkanal zu kommen. A. H. Schultz zeigt eine Abbildung vom totgeborenen Fötus eines Hamadryas-Pavian und des Beckenkanals seiner toten Mutter; der Kopf des Embryos ist beträchtlich dicker als der Kanal. Schultz schließt daraus, daß die Größe des Fötus in dieser Art nahe an ihrer Grenze ist: »Während die Auslese zweifellos dazu neigt, große Durchmesser des weiblichen Beckens zu begünstigen, muß sie auch gegen jede Verlängerung der Trächtigkeit anwirken, oder zumindest gegen ungebührlich große Neugeborene.«

Es dürfte wohl, da bin ich eigentlich sicher, nicht allzu viele menschliche Frauen geben, die erfolgreich ein nahezu einjähriges Kind gebären könnten.

Der Missetäter in dieser Geschichte ist unsere bedeutendste evolutionäre Spezialisierung, unser großes Hirn. Bei den meisten Säugetieren ist das Wachstum des Gehirns eine rein fötale Erscheinung. Aber da deren Hirn nicht besonders groß wird, stellt es kein Problem bei der Geburt dar. Bei den Affen mit etwas größeren Gehirnen ist das Wachstum ein wenig verzögert, um die postnatale Vergrößerung des Gehirns zu ermöglichen, aber die relative Dauer der Trächtigkeit braucht nicht verändert zu werden. Das menschliche Hirn ist indessen so groß, daß eine zusätzliche Strategie erforderlich ist, damit das Baby geboren werden kann – die Schwangerschaft muß im Verhältnis zur Gesamtentwicklung abgekürzt werden, und die Geburt muß eintreten, wenn das Gehirn erst ein Viertel seiner endgültigen Größe erreicht hat.

Vermutlich ist unser Gehirn am Ende seiner Größenzunahme ange-

langt. Der wichtigste Zug unserer Evolution hat letztlich sein eigenes Potential für künftiges Wachstum begrenzt. Solange eine radikale Umstrukturierung des weiblichen Beckens ausgeschlossen ist, müssen wir mit den Gehirnen, die wir nun einmal haben, auskommen, wenn wir überhaupt geboren werden wollen. Das macht aber nichts. Wir können die nächsten paar Jahrtausende vergnüglich damit verbringen, zu lernen, was wir mit diesem gewaltigen Potential anzufangen vermögen, mit dessen Gebrauch wir gerade erst begonnen haben.

III SONDERBARE ORGANISMEN UND BEISPIELE DER EVOLUTION

9 Der fehlbenannte, fehlbehandelte und fehlverstandene Irische Elch

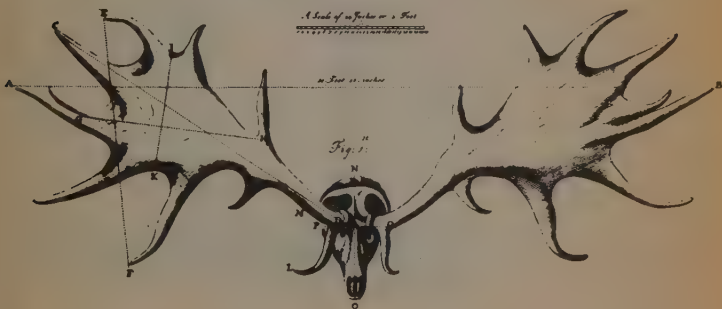
Die Natur selbst scheint durch die gewaltige Größe und die stattlichen Hörner, welche sie diesem Geschöpf gegeben hat, es gleichsam als einzigartig hervor gehoben und es mit einem solchen Anblick zu dem Zweck aus gestattet zu haben, es merklich von der gewöhnlichen Herde aller übrigen Vierfüßler zu unterscheiden.

Thomas Molyneux,
1697

Der Irische Elch, das Heilige Römische Reich und das Englischhorn bilden wahrhaftig ein merkwürdiges Ensemble. Aber sie teilen das gemeinsame Merkmal vollständig unangemessener Namen. Wie Voltaire gesagt hat, war das Heilige Römische Reich weder heilig noch römisch noch ein Reich. Das Englischhorn ist eine kontinentale Oboe; die ursprüngliche Gestalt war gebogen, also ein »angulares« (verderbt zu »englisches«) Horn. Der Irische Elch war weder ausschließlich irisch noch ein Elch. Er war der größte Hirsch, der jemals lebte. Und noch eindrucksvoller war sein enormes Geweih. Über »diese umfänglichen Hörner« wunderte sich Dr. Molyneux in seiner ersten publizierten Beschreibung von 1697. Rathke beschrieb sie 1842 in einer Sprache, die seine Begeisterung fürs Gewaltige ausdrückt, als »bewunderungswürdig«. Obwohl das Guinness-Buch der Rekorde Fossilien nicht berücksichtigt und dem Amerikansichen Elch den Preis zuspricht, ist das Geweih des Irischen Elchs in der Geschichte der Lebensformen nie übertroffen oder auch nur erreicht worden. Verlässliche Schätzungen kommen für die gesamte Spannweite auf 3,60 m. Dieses Maß ist noch eindrucksvoller, wenn wir bedenken, daß das

Fossile Geweihe des Riesenhirschs waren in Irland schon lange bekannt, wo sie sich in den Ablagerungen von Seen unter Torflagern finden. Bevor sie die Aufmerksamkeit der Wissenschaftler auf sich zogen, wurden sie als Türpfosten verwendet und sogar als Behelfsbrücke über ein Flößchen in der Grafschaft Tyrone. Eine vermutlich apokryphe Geschichte berichtet von einem riesigen Freudenfeuer, das zur Feier des Sieges über Napoleon bei Waterloo in der Grafschaft Antrim aus ihren Knochen und Geweihen gemacht wurde. »Elch« wurde das Tier genannt, weil der europäische Elch das einzige bekannte Geschöpf war, dessen Geweih dem des Riesenhirschs entfernt nahekam.

Irlands Exklusivanspruch wurde 1746 zunichte (wenngleich der Name blieb), als ein Schädel und ein Geweih in Yorkshire in England gefunden wurden. 1781 folgte die erste kontinentale Entdeckung in Deutschland, während das erste vollständige Skelett (das auch heute noch im Museum der Universität Edinburgh steht), in den 1820er



65

Jahren auf der Insel Man ausgegraben wurde.

Heute wissen wir, daß der Riesenhirsch im Osten bis nach Sibirien und China, im Süden bis nach Nordafrika verbreitet war. Die Fundstücke aus England und Eurasien sind meistens fragmentarisch, und fast alle schönen Geweihe, welche die Museen in aller Welt zieren, stammen aus Irland.

Der Riesenhirsch entstand in der Eiszeit der letzten paar Millionen Jahre und mag auf dem europäischen Kontinent bis in die historische



Ein würdiger Vorgänger des Autors vermißt das andere Ende eines Irischen Elchs. Die Abbildung wurde ursprünglich von J. G. Millais im Jahre 1867 veröffentlicht.

Zeit überlebt haben, aber in Irland starb er vor etwa 11 000 Jahren aus. »Unter den Fossilien des britischen Empire«, schrieb James Parkinson im Jahre 1811, »ist keines geeigneter, so viel Erstaunen zu erregen.« Und das blieb in der gesamten Geschichte der Paläontologie so. Abgesehen von den wunderlichen Anekdoten und dem schieren Staunen, das Riesenhaftigkeit stets einflößt, liegt die Relevanz des Riesenhirschs in seinem Beitrag zu den Debatten über die Evolutionstheorie. Jeder große Evolutionstheoretiker hat den Riesenhirsch benutzt, um seine Lieblingsmeinung zu verteidigen. Die Kontroverse hat sich um zwei hauptsächliche Probleme zentriert: 1. Konnten Geweihe von solchem Ausmaß irgendwie nützlich sein? 2. Warum ist der Riesenhirsch ausgestorben?

Da sich die Debatte über den Irischen Elch so lange auf die Gründe für sein Aussterben konzentriert hat, klingt es geradezu ironisch, daß Molyneux mit seinem Artikel ursprünglich die These zu begründen suchte, das Tier müsse noch existieren. Viele Wissenschaftler des 17. Jahrhunderts waren davon überzeugt, das Aussterben einer Gattung lasse sich mit Gottes Güte und Vollkommenheit nicht vereinbaren. Molyneux' Artikel von 1697 beginnt:

Daß keine wirkliche Art eines lebenden Geschöpfes so gänzlich ausgestorben ist, daß sie der Welt völlig verloren wäre, seit sie geschaffen wurde, ist die Meinung vieler Naturforscher; und sie ist in einem guten Prinzip begründet, daß nämlich die Vorsehung ganz allgemein auf ihre animalischen Hervorbringungen Acht hat, und so verdient sie unsere Zustimmung.

Doch der Riesenhirsch bewohnte Irland nicht mehr, und Molyneux mußte anderswo suchen. Nachdem er Reiseberichte über die Geweihgröße des Amerikanischen Elchs gelesen hatte, schloß er, der Irische Elch müsse dasselbe Tier sein; die Tendenz solcher Erzählungen zur Übertreibung ist offenbar universal und zeitlos. Da er weder eine Abbildung noch eine exakte Beschreibung des Amerikanischen Elchs finden konnte, sind seine Schlußfolgerungen gar nicht so abwegig, wie die moderne Wissenschaft meinen möchte. Das Verschwinden des Riesenhirschs aus Irland schrieb Molyneux einer »epidemischen Seuche« zu, verursacht durch »eine gewisse kranke Zusammensetzung der Luft«.

Im nächsten Jahrhundert folgten die Argumente der Linie von Molyneux: Zu welcher modernen Spezies gehörte der Riesenhirsch? Die Meinung verteilte sich ungefähr gleichmäßig auf Elch und Rentier.

Als die Geologen des 18. Jahrhunderts immer mehr fossile Spuren

einstigen Lebens ans Licht brachten, wurde die These immer unwahrscheinlicher, daß all die merkwürdigen und unbekannten Geschöpfe, die als Fossilien sichtbar wurden, noch in irgendeinem entfernten Winkel des Erdballs lebten. Vielleicht hatte Gott nicht ein für allemal erschaffen; vielleicht hatte er unablässig mit Schöpfung und Zerstörung experimentiert. Wenn dies zutraf, war die Welt gewiß älter als jene sechstausend Jahre, welche ihr von den schriftgläubigen Exegeten zugestanden wurden.

Die Frage des Aussterbens war das erste große Schlachtfeld der Paläontologie. In Amerika hielt Thomas Jefferson an der alten Ansicht fest, während der große französische Paläontologe Georges Cuvier den Irischen Elch als Beweis für die Möglichkeit des Aussterbens benutzte. Im Jahre 1812 hatte Cuvier zwei dringliche Probleme gelöst: durch minutiöse anatomische Beschreibung bewies er, daß der Irische Elch keinem gegenwärtigen Tier glich; und indem er ihn zwischen viele fossile Säugetiere mit fehlenden zeitgenössischen Gegenstücken einordnete, erhärtete er die Tatsache des Aussterbens und legte die Grundlage für eine geologische Zeitskala.

Nachdem das Faktum des Aussterbens gesichert war, verlagerte sich die Debatte auf den Zeitpunkt des Ereignisses: insbesondere, hatte der Irische Elch die Sintflut überlebt? Das war keineswegs eine müßige Frage, denn wenn die Sintflut oder eine vorhergehende Katastrophe den Riesenhirsch ausgelöscht hatte, war eine natürliche (oder übernatürliche) Ursache für seine Abdankung gefunden. Erzdiakon Maunsell, ein begeisterter Amateurforscher, schrieb 1825: »Ich begriff, daß sie bei einer überwältigenden Flutkatastrophe zerstört worden sein müssen.« Ein gewisser Dr. MacCulloch glaubte sogar, man fände die Fossilien in aufrechter Haltung, mit erhobenen Nasen – eine letzte Gebärde der Rettung vor der steigenden Flut und zugleich ein letztes Flehen: Bitte keine Wellen machen!

Wenn sie hingegen die Flut überlebt hatten, konnte ihr Todesengel nur der nackte Affe selbst gewesen sein. Gideon Mantell, der im Jahre 1851 schrieb, richtete diesen Vorwurf an keltische Stämme; 1830 beschuldigte Hibbert die Römer und die ausschweifenden Schlachtungen in ihren zirzensischen Spielen. Obwohl wir denken, unser destruktives Potential sei erst kürzlich erkannt worden, schrieb Hibbert bereits 1830: »Sir Thomas Molyneux nahm an, daß eine Art Seuche oder Viehpest die Irischen Elche ausgelöscht habe... Es läßt sich hingegen fragen, ob sich nicht die menschliche Rasse gelegentlich als ebenso erfolgreich wie eine Pest erwiesen hat, wenn sie ganze Rassen

wilder Tiere in bestimmten Gegenden ausgerottete.«

Englands größter Paläontologe, Sir Richard Owen, überprüfte 1846 alle Beweise und kam zu dem Schluß, daß der Riesenhirsch zumindest in England schon vor der Ankunft der Menschen verschwunden war. Zu dieser Zeit war Noahs Flut als ernsthaftes geologisches Argument bereits von der Bühne abgetreten. Was aber dann hatte den Riesenhirsch ausgerottet?

Im Jahre 1859 veröffentlichte Charles Darwin die *Entstehung der Arten*. Innerhalb von zehn Jahren hatten so gut wie alle Naturwissenschaftler die *Tatsache* der Evolution akzeptiert. Aber die Debatte über ihre Ursachen und Mechanismen wurde (zugunsten Darwins) erst in den 1940er Jahren abgeschlossen. Darwins Theorie der natürlichen Zuchtwahl erfordert, daß der evolutionäre Wandel adaptiv sei – will sagen, nützlich für den Organismus. Daher suchten Antidarwinisten nach fossilen Beispielen für evolutionäre Entwicklungen, die nicht vorteilhaft für das betreffende Tier waren.

Die Theorie der Orthogenese wurde zum Prüfstein für die antidarwinistischen Paläontologen, da sie besagte, die Evolution verlaufe in geraden Linien, die von der natürlichen Zuchtwahl nicht abgelenkt werden könnten. Wenn eine bestimmte Richtung erst einmal eingeschlagen sei, könne sie nicht aufgehalten werden, selbst wenn sie zum Aussterben führt. So sagte man etwa, gewisse Austern schichteten ihre Schalen übereinander, bis sie das Tier im Innern endgültig versiegelten; säbelzahnige »Tiger« könnten ihre Zähne ebenso wenig am Wachsen hindern wie Mammuts ihre Stoßzähne.

Das berühmteste Beispiel für die Orthogenese aber war der Irische Elch selbst. Der Riesenhirsch war aus kleineren Formen mit noch kleineren Geweihen entstanden. Obwohl das Geweih anfangs nützlich war, konnte sein Wachstum nicht aufgehalten werden, und wie der Zauberlehrling bemerkte der Riesenhirsch erst allzu spät, daß auch gute Dinge ihre Grenzen haben. Nieder gebeugt vom Gewicht seiner Schädelauswüchse, in den Bäumen verhakt oder im Sumpf versunken, mußte er sterben. Wer rottete den Irischen Elch aus? Er selbst, oder genauer sein eigenes Geweih war es.

Im Jahre 1925 beschwor der amerikanische Paläontologe R. S. Lull den Riesenhirsch, um den Darwinismus anzugreifen: »Die natürliche Zuchtwahl kann nicht die Überspezialisierung erklären, denn offenkundig kann ein Organ durch Auslese zwar zur Vollkommenheit gebracht werden, nie jedoch zu einem Zustand, in dem es eine tatsächliche Bedrohung für das Überleben wird... (wie bei) dem großen, verzweigten Geweih des ausgestorbenen Irischen Hirschs.«

In den 1930er Jahren gingen die Darwinisten, angeführt von Julian Huxley, zum Gegenangriff über. Huxley bemerkte, daß beim Größerwerden von Hirschen – entweder im Verlauf ihres eigenen Wachstums oder im Vergleich zu entsprechenden ausgewachsenen Tieren anderer Größe – das Geweih nicht in derselben Proportion wie die Körpergröße zunimmt; es vergößert sich rascher, so daß die Geweihe von großen Hirschen nicht nur absolut, sondern auch relativ größer sind als die von kleinen Hirschen. Für einen solchen regelmäßigen und geordneten Gestaltwandel bei zunehmender Größe gebrauchte Huxley den Ausdruck Allometrie.

Die Allometrie gab eine bequeme Erklärung für das Geweih des Riesenhirschs ab. Da der Irische Elch unter allen Hirschen die größten Körpermaße hatte, konnten seine relativ enormen Geweihe das einfache Ergebnis jenes allometrischen Verhältnisses sein, das sich bei allen Hirschen findet. Wir brauchen nur anzunehmen, daß eine Zunahme der Körpergröße von der natürlichen Zuchtwahl gefördert wurde, dann mochten die gewaltigen Geweihe eine automatische Folge sein. Sie mögen sogar selbst ein wenig gefährlich gewesen sein, aber dieser Nachteil mochte durch die Vorteile der zunehmenden Körpergröße mehr als ausgeglichen werden, und so setzte sich die Tendenz fort. Wenn freilich die Probleme mit den großen Geweihen die Vorteile der großen Körper überwogen, mußte die Tendenz nachlassen, weil sie nicht länger von der natürlichen Auslese begünstigt werden konnte.

Fast jedes moderne Lehrbuch der Evolution stellt den Irischen Elch in diesem Lichte dar und bringt die allometrische Erklärung, um orthogenetische Theorien zu widerlegen. Als gläubiger Student habe ich angenommen, daß eine solche beharrliche Wiederholung in sorgfältig erarbeiteten Daten fest begründet sein müsse. Später stellte ich fest, daß die Dogmen von Lehrbüchern sich selbst verewigten; daher war ich vor drei Jahren eher enttäuscht als wirklich überrascht, daß jene oft zitierte Erklärung in überhaupt keinen Daten begründet ist. Abgesehen von ein paar planlosen Versuchen, das größte Geweih zu finden, hat nie jemand einen Irischen Elch vermessen. Mit dem Zollstock in der Hand beschloß ich, diesem Mangel abzuhelpfen.

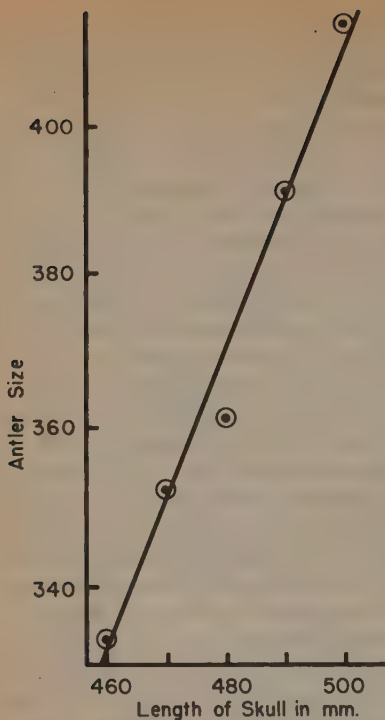
Das Irische Nationalmuseum in Dublin zeigt siebzehn Exemplare und besitzt weitere, Geweih auf Geweih gestapelt, in einem nahegelegenen Magazin. Die meisten großen Museen Westeuropas und Amerikas besitzen einen Irischen Elch, und der Riesenhirsch schmückt auch manch einen Trophäensaal des englischen und irischen Landadels. Das größte Geweih zierte den Eingang von Adare Manor, den Wohn-

sitz des Earl of Dunraven. Das bedauerlichste Skelett sitzt im Keller von Bunratty Castle, wo jeden Abend fröhliche und leicht angeheiterte Touristen nach einem mittelalterlichen Bankett ihren Kaffee nehmen. Als ich diesen armen Kerl am Morgen danach traf, rauchte er eine Zigarre, hatte zwei Zähne verloren und trug auf den Sprossen seines Geweihs drei Kaffeetassen. Für Liebhaber neiderregender Vergleiche sei mitgeteilt, daß sich das größte Geweih Amerikas in Yale befindet, das kleinste der Welt in Harvard.

Um zu bestimmen, ob das Geweih des Riesenhirschs allometrisch zunimmt, verglich ich Geweih- und Körpergröße. Für die Geweihgröße benutzte ich ein zusammengesetztes Maß aus Geweihlänge, Geweihbreite und den Längen der wichtigsten Sprossen. Die Körperlänge oder die Länge und Stärke der wichtigsten Knochen wäre das angemessenste Maß für die Körpergröße, das ich jedoch nicht gebrauchen konnte, da die überwältigende Mehrheit der Exemplare nur aus dem Schädel und dem dazugehörigen Geweih besteht. Überdies sind die wenigen vollständigen Skelette ohne Ausnahme aus den Knochen verschiedener Tiere zusammengesetzt, sowie aus viel Gips und gelegentlich aus Ersatzteilen (das erste Skelett in Edinburgh enthielt anfangs ein Pferdebecken). Daher diente mir die Schädellänge als Maß für die Gesamtgröße. Der Schädel erreicht seine endgültige Länge in einem sehr frühen Alter (alle meine Exemplare sind älter) und verändert sich dann nicht mehr; daher ist er ein guter Indikator für die Körpergröße. Meiner Berechnung liegen neunundsiebzig Schädel und Geweihe aus Museen und Privatsammlungen in Irland, Großbritannien, dem europäischen Kontinent und den Vereinigten Staaten zugrunde.

Meine Messungen zeigten eine starke positive Korrelation zwischen Körpergröße und Geweihgröße, wobei das Geweih zweieinhalb mal so rasch in seiner Größe zunimmt wie die Körpergröße, wenn man von kleinen männlichen Tieren zu großen voranschreitet. Das ist keine Angelegenheit des individuellen Wachstums, sondern das Verhältnis unter ausgewachsenen Tieren verschiedener Größe. Damit wird die allometrische Hypothese bestätigt. Wenn die natürliche Zuchtwahl große Hirsche begünstigte, dann mußten relativ größere Geweihe entstehen, als ein Korrelationsergebnis, das nicht notwendig eine eigene Signifikanz haben muß.

Doch obwohl ich das allometrische Verhältnis bestätigen konnte, begann ich an der überlieferten Erklärung zu zweifeln – enthielt sie doch einen fragwürdigen Rest der älteren, orthogenetischen Ansicht. Denn sie setzte voraus, das Geweih sei nicht selbst adaptiv und werde



Die Tabelle zeigt das relative Wachstum der Geweihgröße bei zunehmender Schädellänge der Irischen Elche. Jeder Kreis bezeichnet den Durchschnitt aller Schädellängen in Abschnitten von 10 mm; die tatsächlichen Daten umfassen 81 Individuen. Die Geweihgröße nimmt $2\frac{1}{2}$ mal so schnell zu wie die Schädellänge – der Winkel für 1.0 (45 Grad im Verhältnis zur x-Achse) würde auf einer solchen logarithmischen Skala gleiche Wachstumsraten für beide Größen anzeigen. Hier ist der Neigungswinkel offensichtlich weit größer.

nur aufgrund der Vorteile einer zunehmenden Körpergröße hingenommen. Aber warum müssen wir annehmen, das gewaltige Geweih habe keine primäre Funktion? Die umgekehrte Deutung ist ebenso möglich: daß die Auslese in erster Linie darauf hinarbeitete, die

Geweihgröße wachsen zu lassen, und daher einen vergrößerten Körper als sekundäre Folge erforderte. Das Plädoyer für nicht-adaptive Geweihe konnte sich nie auf etwas anderes stützen als auf das subjektive Staunen angesichts ihrer Riesenhaftigkeit.

Längst aufgegebene Ansichten üben oft ihren Einfluß weiterhin auf subtileren Wegen aus. Das orthogenetische Argument lebte im allometrischen Kontext weiter, der doch bestimmt war, es zu ersetzen. Ich glaube, das unterstellte Problem der »sperrigen« oder »schwerfälligen« Geweihe ist eine Illusion, die in Vorstellungen wurzelt, welche die heutigen Verhaltensforscher aufgeben haben.

Für die Darwinisten des 19. Jahrhunderts war die natürliche Welt ein grausamer Ort. Der evolutionäre Erfolg wurde in Begriffen von gewonnenen Schlachten und zerstörten Feinden gemessen. In diesem Kontext betrachtete man ein Geweih als vorzügliche Waffe im Kampf gegen Verfolger und männliche Rivalen. In seiner *Abstammung des Menschen* (1871) spielte Darwin mit einem anderen Gedanken: daß sich Geweihe als Zierde zur Attraktion der weiblichen Tiere entwickelt hätten. »Wenn also die Hörner, wie die glänzenden Rüstungen der Ritter in alten Zeiten, zur edlen Erscheinung von Hirschen und Antilopen beitragen, mögen sie sich zum Teil zu diesem Zweck verändert haben.« Aber geschwind fügte er hinzu, er habe »keinen Beweis für diese Annahme«, und interpretierte im weiteren das Geweih gemäß den »Gesetzen der Schlacht« und ihre Vorteile in »wiederholten tödlichen Wettkämpfen«. Alle frühen Autoren nahmen an, der Irische Elch habe sein Geweih benutzt, um Wölfe zu töten und in erbitterten Kämpfen seine Rivalen zu vertreiben. Meines Wissens wurde diese Ansicht nur von dem russischen Paläontologen L. S. Davitaschvili in Frage gestellt, der 1961 behauptete, daß das Geweih in erster Linie als Werbesignal für die Hinden fungierte.

Wenn das Geweih wirklich eine Waffe ist, hat das orthogenetische Argument viel für sich, denn ich muß zugeben, daß ein neunzig Pfund schweres, weitgefächertes Geweih, jährlich nachwachsend und von Spitze zu Spitze 3,60 m messend, entschieden noch inflationärer erscheint als unser gegenwärtiger Militärhaushalt. Daher müssen wir, um eine darwinistische Erklärung zu bewahren, die allometrische Hypothese in ihrer ursprünglichen Gestalt wiederherstellen.

Wenn aber das Geweih nicht in erster Linie als Waffe fungiert? Moderne Untersuchungen des tierischen Verhaltens haben eine aufregende Konzeption hervorgebracht, die für die Evolutionsbiologie äußerst wichtig werden kann: Viele Bildungen, die man früher entweder für tatsächliche Waffen oder für reine Schaeueffekte gegen-

über den Weibchen hielt, werden in Wirklichkeit für einen rituellen Kampf unter den Männchen benutzt. Ihre Funktion besteht darin, einen realen Kampf (mit daraus entstehenden Verletzungen und Todesfällen) zu verhindern, indem Hierarchien der Dominanz hergestellt werden, welche von den Männchen leicht erkannt und befolgt werden.

Geweih und Hörner sind ein wesentliches Beispiel für Bildungen, die im ritualisierten Verhalten benutzt werden. Sie dienen nach Valerius Geist als »visuelle Symbole für den Dominanzrang«. Große Geweihe signalisieren einen hohen Status und Zugang zu den Weibchen. Da es keinen potenteren evolutionären Vorteil geben kann als die Garantie für erfolgreiche Reproduktion, muß der selektive Druck zur Bildung größerer Geweihe oft sehr stark sein. Seit man mehr und mehr gehörnte Tiere in ihrer natürlichen Umgebung beobachtet, verschwinden zunehmend die älteren Vorstellungen vom tödlichen Kampf zugunsten einer gänzlich ritualisierten Vorführung ohne Körperkontakt oder eines Kampfes mit Methoden, die offensichtlich dazu bestimmt sind, körperliche Verletzungen zu vermeiden. Beobachtet wurde das bei Rotwild von Beninde und Darling, bei Karibus von Kellsall und bei Bergschafen von Geist.

Als Mittel des Imponiergehaves unter den männlichen Tieren gewinnen die enormen Geweihe des Irischen Elchs endlich einen Sinn als selbst adaptive Bildungen. Überdies läßt sich, wie R. Coope von der Universität Birmingham mir erklärt hat, die Detail-Morphologie der Geweihe in diesem Kontext zum ersten Mal verstehen. Wild mit weitgefächertem Geweih pflegt bei seiner Selbstdarstellung die volle Breite seines Geweihs vorzuzeigen. Der heutige Damhirsch (den man für den nächsten lebenden Verwandten des Irischen Elchs hält) muß den Kopf von einer Seite zur andern drehen, um seine Schaufeln zu zeigen. Das hätte für den Reishirsch ein beträchtliches Problem dargestellt, da es eine gewaltige Drehbeanspruchung ausmachen würde, neunzig Pfund hin- und herzuschwingen. Das Geweih des Irischen Elchs jedoch war so angeordnet, daß es die Schaufeln vollständig zur Schau stellt, wenn das Tier geradeaus schaut. Sowohl die unübliche Gestaltung als auch die enorme Größe des Geweihs lassen sich erklären, wenn man annimmt, daß es eher der Schaustellung als dem Kampf diene.

Wenn das Geweih adaptiv war, warum starb dann der Irische Elch aus (zumindest in Irland)? Die mutmaßliche Antwort auf dies alte Dilemma ist, fürchte ich, recht gewöhnlich. Die Blütezeit des Riesenhirschs in Irland war nur von äußerst kurzer Dauer – während der

sogenannten Alleröd-Zeit am Ende der letzten Eiszeit. Diese Periode, eine kleinere warme Phase zwischen zwei kälteren Epochen, dauerte etwa 1000 Jahre, von 12 000 bis 11 000 vor der Gegenwart. (Der Irische Elch war in der vorhergehenden Eisphase nach Irland eingewandert, als der niedrigere Wasserspiegel eine Verbindung zwischen Irland und dem europäischen Kontinent herstellte.) Obwohl er gut an das offene Land, grasbewachsen und spärlich bewaldet, der Alleröd-Zeit adaptiert war, konnte er sich offenbar entweder an die subarktische Tundra, die in der nächsten kälteren Zeit folgte, nicht anpassen oder an die starke Bewaldung, die sich nach dem endgültigen Rückzug der Eisdecke entwickelte.

Aussterben ist das Schicksal der meisten Arten, meist, weil sie es nicht rasch genug schaffen, sich an veränderte Bedingungen des Klimas oder des Wettbewerbs anzupassen. Die Evolution nach Darwin schreibt vor, daß kein Tier aktiv eine schädliche Bildung entwickelt, aber sie kann nicht garantieren, daß eine nützliche Bildung unter veränderten Bedingungen adaptiv bleibt. Der Irische Elch war vermutlich ein Opfer seines eigenen vorhergegangenen Erfolgs. *Sic transit gloria mundi.*

10 Organische Weisheit oder: Warum soll eine Fliege ihre Mutter von innen auffressen?

Seit der Mensch Gott nach seinem eigenen Bilde schuf, hat die Lehre von der Einzelschöpfung stets jene Anpassungen gut erklärt, die wir intuitiv verstehen. Warum sollten wir Zweifel daran hegen, wie vollkommen die Tiere für ihre zugewiesenen Rollen eingerichtet sind, wenn wir zuschauen, wie eine Löwin jagt, ein Pferd läuft oder ein Nilpferd sich suhlt? Nie hätte die Theorie der natürlichen Auslese die Lehre von der göttlichen Schöpfung ersetzt, wenn alle Organismen von so überzeugenden, bewundernswürdigen Bauplänen bestimmt wären. Das sah Charles Darwin, und er konzentrierte sich auf Merkmale, die in einer von vollkommener Weisheit gestalteten Welt nicht am Platze wären. Warum zum Beispiel sollte ein vernünftiger Konstrukteur einzig in Australien eine Reihe von Beuteltieren erschaffen, welche die gleiche Rolle erfüllen wie die plazentalen Säugetiere auf allen anderen Kontinenten? Darwin schrieb sogar ein ganzes Buch über Orchideen, um nachzuweisen, daß die Bildungen, deren Evolution die Befruchtung durch Insekten sichert, aus vorhandenen Teilen zusammengeflochten sind, welche von den Vorfahren zu

anderen Zwecken benutzt wurden. Orchideen sind Rube-Goldberg-Maschinen; ein perfekter Ingenieur hätte sich zweifellos etwas Besseres ausgedacht.

Dies Prinzip ist auch heute noch brauchbar. Die besten Beispiele für die evolutionäre Anpassung sind jene, die uns als sonderbar oder bizarr auffallen. Die Naturwissenschaft ist keineswegs »organisierter gesunder Menschenverstand«; in ihren aufregendsten Momenten ist sie eine Umformulierung unseres Weltbildes und setzt mächtige Theorien gegen die alten, anthropozentrischen Vorurteile durch, die wir Intuition nennen.

Man bedenke zum Beispiel die Gallmücken aus der Familie Cecidomyidae. Diese winzigen Fliegen verbringen ihr Leben auf eine Weise, die bei uns Schmerz oder Ekel erregen muß, wenn wir uns in sie einfühlen und dabei die unangemessenen Standards unseres eigenen sozialen Codes anwenden.

Die Gallmücken können auf zwei verschiedenen Wegen wachsen und sich entwickeln. In einigen Situationen schlüpfen sie aus Eiern, durchlaufen eine normale Folge von Larven- und Puppenzuständen und kommen als gewöhnliche Fliegen hervor, die sich geschlechtlich fortpflanzen. Aber unter anderen Bedingungen reproduzieren sich die Weibchen durch Parthenogenese und bringen ihre Jungen ohne die Befruchtung durch ein Männchen hervor. Parthenogenese ist an sich unter den Tieren nichts Außergewöhnliches, aber die Cecidomyidae geben ihr einen besonderen Pfiff. Zunächst bleiben die parthenogenetischen Weibchen auf einer frühen Entwicklungsstufe stehen. Sie werden nie zu normalen, ausgewachsenen Fliegen, sondern pflanzen sich fort, während sie noch Larven oder Puppen sind. Zweitens legen diese Weibchen keine Eier. Ihre Nachkommen entwickeln sich lebend im Körper der Mutter – ohne die Ernährung und den Schutz eines Uterus, sondern einfach im Gewebe der Mutter, bis sie schließlich ihren ganzen Körper ausfüllen. Um zu wachsen, verschlingt die Nachkommenschaft die Mutter von innen her. Ein paar Tage später kommen sie heraus und hinterlassen eine Chitinschale, als einziges Überbleibsel ihres einzigen Elternteils. Und nach zwei Tagen beginnen ihre eigenen Kinder, sie buchstäblich von innen aufzufressen. *Micromalthus debilis*, ein mit jenen Tieren nicht verwandter Käfer, hat ein fast identisches System entwickelt, jedoch mit einer makabren Variante. Einige parthenogenetische Weibchen gebären einen einzigen männlichen Nachkommen. Diese Larve haftet vier oder fünf Tage an der Kutikula seiner Mutter, führt dann seinen Kopf in ihre genitale Öffnung ein und frißt sie auf. Kein Weib erfährt größere Liebe.

Warum hat die Evolution eine so sonderbare Methode der Fortpflanzung hervorgebracht? Denn sie ist selbst unter Insekten ungewöhnlich, und das nicht nur nach den unerheblichen Standards unserer eigenen Wahrnehmung. Worin liegt die adaptive Bedeutung einer Lebensweise, die unsere Intuitionen von guter Konstruktion so heftig verletzt?

Um diese Fragen zu beantworten, gehen wir nach der üblichen Argumentationsmethode der Evolutionstheorie vor, mittels des Vergleichs. (Louis Agassiz hatte keineswegs einen kapriziösen Einfall, als er dem Gebäude, in dem ich arbeite, einen Namen gab, der schon viele Generationen von Besuchern der Harvard-Universität verwirrt hat – Museum für Vergleichende Zoologie.) Wir müssen einen Gegenstand finden, der genetisch ähnlich, aber an eine andere Lebensweise angepaßt ist. Glücklicherweise gibt uns der komplexe Lebenszyklus der Cecidomyidae selbst einen Schlüssel in die Hand. Wir brauchen die geschlechtslose Mutterlarve nicht mit einer verwandten Art von unbestimmter Nähe und genetischer Ähnlichkeit zu vergleichen; wir können sie der genetisch identischen, alternativen Form derselben Art entgegenstellen – der normalen, geschlechtlichen Fliege. Worin also liegt der Unterschied zwischen den Ökologien der parthenogenetischen und der normalen Form?

Die Cecidomyidae ernähren sich und leben auf Pilzen, gewöhnlich auf Champignons. Die mobile, normale Fliege erfüllt die Rolle des Entdeckers: sie findet neue Champignons. Ihre Nachkommenschaft, die nunmehr im Überfluß einer Futterquelle lebt, pflanzt sich geschlechtslos als Larven oder Puppen fort und wird zur fluguntauglichen, fressenden Form der Art (ein Champignon kann Hunderte dieser winzigen Fliegen ernähren). Wir wissen, daß sich die parthenogenetische Reproduktion fortsetzt, solange die Nahrung im Überfluß vorhanden ist. Ein Forscher brachte es auf 250 aufeinanderfolgende Larvengenerationen, indem er genügend Nahrung zur Verfügung stellte und eine Überfüllung verhinderte. In der Natur indessen wird der Champignon schließlich aufgebraucht.

H. Ulrich und seine Mitarbeiter haben die Abfolge der veränderten Reaktionen auf die Abnahme der Nahrung bei der Art *Mycophila speyeri* untersucht. Wenn Fressen in Hülle und Fülle vorhanden ist, bringen parthenogenetische Mütter in vier oder fünf Tagen lauter weibliche Nachkommen hervor. Wenn der Nahrungsvorrat abnimmt, entstehen nur männliche oder männliche und weibliche Nachkommen. Wenn die weiblichen Larven überhaupt nicht gefüttert werden, wachsen sie zu normalen Fliegen heran.

Diese Korrelationen haben eine recht eindeutige adaptive Basis. Das fluguntaugliche, parthenogenetische Weibchen bleibt auf dem Champignon und frißt. Wenn es den Vorrat aufbraucht, produziert es geflügelte Nachkommen, damit diese neue Champignons finden. Aber das kratzt nur an der Oberfläche unseres Problems, denn es beantwortet nicht unsere zentrale Frage: Warum soll man sich derart schnell fortpflanzen, als Larve oder Puppe, und warum sich in einem äußersten Opfer für die eigenen Kinder selbst zerstören?

Ich glaube, die Lösung des Dilemmas liegt in den Worten »derart schnell«. Die traditionelle Evolutionstheorie konzentrierte sich bei der Findung adaptiver Erklärungen auf die Morphologie. Worin läge in diesem Falle der Vorteil einer beständigen juvenilen Morphologie der reproduzierenden Weibchen für Champignonfresser? Die überlieferte Theorie fand keine Antwort, weil sie die falsche Frage stellte. In den letzten fünfzehn Jahren hat der Aufstieg der theoretischen Populationsökologie das Studium der Anpassung verwandelt. Die Evolutionstheoretiker haben gelernt, daß Organismen sich nicht nur durch Veränderungen der Größe und Gestalt anpassen, sondern auch, indem sie das Timing ihres Lebens und der Energien umstellen, die in verschiedene Tätigkeiten investiert werden (zum Beispiel Nahrungsaufnahme, Wachstum und Fortpflanzung). Solche Umstellungen nennt man »Strategien der Lebensgeschichte«.

Die Organismen entwickeln verschiedene Strategien der Lebensgeschichte, um verschiedenen Typen von Umwelt zu entsprechen. Unter den Theorien, die Strategie und Umwelt in Korrelation zueinander setzen, ist wohl die Theorie der r- und K-Selektion am erfolgreichsten geworden, die R. H. MacArthur und E. O. Wilson Mitte der 60er Jahre aufstellten.

Evolution, wie sie gewöhnlich in Lehrbüchern dargestellt und in der populären Presse skizziert wird, ist ein Prozeß unerschöpflicher Formverbesserung: Tiere sind aufgrund unablässiger Auslese der besser angepaßten Gestalt auf ihre Umwelt wundervoll »gut abgestimmt«. Aber manche Arten von Umwelt verlangen keine solche evolutionäre Reaktion. Man stelle sich etwa eine Art vor, deren Umwelt eine unregelmäßige, katastrophale Sterblichkeit für sie bedingt (etwa Tümpel, die austrocknen, oder flache Gewässer, die von Stürmen aufgewühlt werden). Oder eine Art, deren Nahrungsquelle selten und schwer zu finden ist, aber, sobald sie lokalisiert ist, in verschwenderischer Fülle zur Verfügung steht. Auf solche Umwelten kann sich ein Organismus nicht abstimmen, weil es nichts hinreichend Stabiles gibt, woran er sich anpassen könnte. In einer solchen Lage ist

es besser, soviel Energie wie möglich in die Fortpflanzung zu investieren – so viele Nachkommen zu produzieren wie möglich, so schnell wie man kann, so daß einige die Katastrophe überleben werden. Auf Teufel komm raus sich fortpflanzen, solange die seltene Nahrungsquelle vorhanden ist, denn sie wird nicht lange vorhalten, und einige der Nachkommen müssen überleben, um die nächste zu finden.

Wir bezeichnen den evolutionären Zwang der Maximierung der Fortpflanzungsanstrengung auf Kosten einer sorgfältigen morphologischen Anpassung als *r*-Selektion; Organismen, die auf diese Weise adaptiert sind, heißen *r*-Strategen (*r* ist das eingeführte Maß für die »Binnenrate der Zunahme der Populationsgröße« in einem Ensemble von grundlegenden ökologischen Gleichungen). Arten, die in stabilen Umwelten leben, nahe an der maximalen Populationsgröße, die von der Umwelt erhalten werden kann, haben keinen Vorteil davon, Horden von kümmerlich angepaßten Nachkommen hervorzubringen. Für sie ist es besser, wenige, sorgfältig abgestimmte Nachkommen aufzuziehen. Solche Arten nennt man *K*-Strategen (*K* ist das Maß für die »Tragfähigkeit« der Umwelt im selben Ensemble von Gleichungen).

Die parthenogenetischen Larven der Gallmücke leben in einer klassischen *r*-Umwelt. Champignons finden sich selten und in großen Abständen, bieten aber einer so winzigen Fliege Nahrung im Überfluß, wenn sie sich erst einmal gefunden haben. Die Cecidomyidae haben daher einen selektiven Vorteil, wenn sie die neuentdeckten Champignons benutzen, um ihre Populationen so rasch wie möglich aufzubauen. Welches ist nun die effektivste Weise, rasch eine Population aufzubauen? Sollten die Mücken einfach mehr Eier legen oder sollten sie sich so früh im Leben wie möglich fortpflanzen? Diese allgemeine Frage hat Ökologen mit mathematischen Neigungen zur Abfassung einer umfangreichen Literatur angeregt. In den meisten Fällen ist der Schlüssel zu eiliger Vermehrung die *frühe* Reproduktion. Eine zehnprozentige Abnahme im Alter der ersten Reproduktion kann oft den gleichen Effekt hervorbringen wie eine hundertprozentige Zunahme der Fruchtbarkeit.

So können wir schließlich die sonderbare Fortpflanzungsbiologie der Gallmücke verstehen: sie hat einfach einige bemerkenswerte Anpassungen an frühe Reproduktion und äußerst kurze Generationsspannen entwickelt. Dabei ist sie zum perfekten *r*-Strategen in der klassischen *r*-Umwelt seltener, dann aber reichlicher Ressourcen geworden. So pflanzt sie sich bereits als Larve fort und beginnt, kaum daß sie geschlüpft ist, bereits in ihrem Innern die nächste Generation

heranzuziehen. Bei *Mycophila speyeri* zum Beispiel unterliegt der parthenogenetische r-Strategie nur einer einzigen Häutung, pflanzt sich als wirkliche Larve fort und bringt bis zu 38 Nachkommen in fünf Tagen hervor. Die normalen, ausgewachsenen, geschlechtlichen Tiere brauchen zwei Wochen für ihre Entwicklung. Die reproduzierenden Larven behalten eine erstaunliche Fähigkeit zur Populationsvergrößerung. Fünf Wochen nach ihrer Einführung in ein kommerzielles Champignon-Beet kann *Mycophila speyeri* eine Dichte von 20 000 reproduzierenden Larven pro 100 cm² erreichen.

Wiederum können wir die vergleichende Methode anwenden, um uns davon zu überzeugen, daß die Erklärung wirklich sinnvoll ist. Dem Muster der Cecidomyidae folgen andere Insekten, die in ähnlichen Umgebungen leben. Blattläuse zum Beispiel ernähren sich vom Saft der Blätter. Ein Blatt ist für diese winzigen Insekten so etwas ähnliches wie ein Champignon für die Gallmücken – eine große, seltene Nahrungsquelle, die so schnell wie möglich in möglichst viele Blattläuse umzuwandeln ist. Die meisten Blattläuse haben alternative parthenogenetische Formen – mit und ohne Flügel (sie haben außerdem eine geschlechtliche, überwinternde Form, die uns hier nicht zu interessieren braucht). Wie der Leser schon erraten haben mag, ist die flügellose Form ein fluguntauglicher Fresser. Obwohl sie keine Larve ist, behält sie viele Merkmale juveniler Morphologie. Sie erhält sich auch eine bemerkenswerte Fähigkeit zu früher Fortpflanzung. Tatsächlich beginnt die Entwicklung des Embryos bereits im Körper einer Mutter vor deren eigener Geburt, so daß teleskopartig zwei folgende Generationen in einer einzigen »Großmutter« vorhanden sind. (Allerdings werden Blattläuse nicht von ihren eigenen Nachkommen aufgefressen.) Ihre Fähigkeit zur raschen Vermehrung ist legendär. Wenn alle ihre Nachkommen sich selbst fortpflanzen würden, könnte eine einzige Mutter von *Aphis fabae* 524 Billionen Nachkommen im Jahr produzieren. Die geflügelten Blattläuse entwickeln sich langsamer, wenn ein Blatt aufgebraucht ist. Sie fliegen fort, zu einem neuen Blatt, wo ihre Kinder sich wieder in die nicht fliegende Form umwandeln und mit ihrem geschwinden Generationszyklus beginnen.

Was zunächst so sonderbar anmutete, scheint nun äußerst vernünftig. Es könnte sogar eine optimale Strategie für bestimmte Umwelten sein. So weit können wir allerdings mit unseren Behauptungen nicht gehen, denn wir wissen zu wenig über viele Aspekte der Biologie der Cecidomyidae. Aber wir können auf die verblüffende Konvergenz mit der gleichen Strategie bei einem ihnen überhaupt nicht verwandten Organismus verweisen, dem Käfer *Micromalthus debilis*. Dieser

Käfer lebt und ernährt sich in feuchtem, verfaulendem Holz. Wenn das Holz austrocknet, entwickelt der Käfer eine geschlechtliche Form, die neue Ressourcen sucht. Die holzbewohnende, fressende Form hat eine Reihe von Anpassungen entwickelt, welche die Merkmale der Cecidomyidae bis zum kompliziertesten und eigenartigsten Detail wiederholt. Sie ist ebenfalls parthenogenetisch. Sie pflanzt sich ebenfalls in einem morphologisch juvenilen Stadium fort. Die Jungen entwickeln sich ebenfalls im Körper der Mutter und fressen sie schließlich auf. Die Mütter produzieren ebenfalls drei Arten von Nachkommen: weibliche nur, wenn reichlich Nahrung vorhanden ist, und nur männliche oder weibliche und männliche, wenn die Quelle versiegt.

Wir Menschen mit unserer langsamen Entwicklung (vgl. Essay 7), verlängerten Trächtigkeit und minimalen Kinderzahl pro Wurf sind hervorragende *K*-Strategen und mögen wohl schiefe Blicke auf die Strategien anderer Organismen werfen, aber in ihrer *r*-selektiven Welt tun die Cecidomyidae sicher etwas Gescheites.

11 Von Bambus, Zikaden und der Ökonomie des Adam Smith

Die Natur bringt es gewöhnlich fertig, auch noch die phantasievollsten menschlichen Legenden zu übertreffen. Dornröschen wartete hundert Jahre lang auf den Prinzen. Bettelheim meint, ihr Stich in den Finger bedeute die erste Menstruationsblutung, ihr langer Schlaf die Lethargie während der Adoleszenz, das Warten auf die volle Reife. Da das ursprüngliche Dornröschen nicht bloß von einem Prinzen geküßt, sondern von einem König geschwängert wurde, können wir das Erwachen als den Anfang der sexuellen Erfüllung deuten (B. Bettelheim, *Kinder brauchen Märchen*, Stuttgart 1977).

Ein Bambus mit dem bemerkenswerten Namen *Phyllostachys bambusoides* blühte im Jahre 999 in China. Mit unweigerlicher Sicherheit ungefähr alle 120 Jahre blühte er seitdem und setzte Samen an. *P. bambusoides* hält diesen Zyklus ein, wo immer die Pflanze wächst. Ende der 1960er Jahre blühten japanische Pflanzen (die selbst Jahrhunderte früher aus China importiert waren) gleichzeitig in Japan, England, Alabama und Rußland. Die Analogie mit Dornröschen ist nicht allzu weit hergeholt, denn tatsächlich folgt bei diesem Bambus die geschlechtliche Reproduktion auf über ein Jahrhundert Enthaltsamkeit. Aber in zwei wesentlichen Aspekten weicht *P. bambusoides* von den Brüdern Grimm ab. Während ihrer 120jährigen Wartezeit

sind die Pflanzen nicht untätig – sind sie doch Gräser und reproduzieren sich inzwischen asexuell, mittels neuer Triebe aus unterirdischen Rhizomen. Und sie leben auch nicht glücklich weiter, nachdem sie Samen getragen haben, sondern sterben – ein langes Warten auf ein kurzes Ende.

Der Ökologe Daniel H. Janzen von der Universität Pennsylvania erzählt die seltsame Geschichte von *Phyllostachys* in seinem kürzlich erschienenen Artikel »Why bamboos wait so long to flower« (*Annual Review of Ecology and Systematics*, 1976). Die meisten Bambusarten haben kürzere Perioden des vegetativen Wachstums zwischen den Blütezeiten, aber regelmäßig ist ihr Samentragen synchron, und nur wenige Arten haben eine kürzere Wartezeit als fünfzehn Jahre, bevor sie blühen (möglicherweise warten einige sogar länger als 150 Jahre, aber die historischen Berichte sind zu spärlich, um sichere Schlußfolgerungen zuzulassen).

Die Blütezeit jeder Art muß durch eine innere, genetische Uhr geregelt werden, sie kann sich nicht nach einem äußeren, aus der Umwelt stammenden Schlüssel richten. Die unbeirrbar Regelmäßigkeit der Wiederholung stellt den besten Beweis für diese Behauptung dar, denn wir kennen keinen Umweltfaktor mit einem vorhersagbaren Zyklus, der die Vielfalt der Uhren bestimmen könnte, welchen die über hundert Arten folgen. Zweitens, wie schon erwähnt, blühen die Pflanzen einer Art simultan, selbst wenn sie aus ihrer ursprünglichen Umgebung um die halbe Erde verbracht wurden. Schließlich blühen die Pflanzen einer Art gemeinsam, auch wenn sie in ganz unterschiedlichen Umwelten gewachsen sind. Janzen erzählt die Geschichte von einem nur 15 cm hohen Bambus aus Burma, der wiederholt durch Buschfeuer abgebrannt worden war, aber zur gleichen Zeit wie seine unverletzten, 12 m hohen Genossen blühte.

Wie kann ein Bambus den Ablauf der Jahre zählen? Janzen meint, er könne nicht die gespeicherte Nahrungsmenge messen, denn verhungerte Zwerge blühen zur gleichen Zeit wie gesunde Riesen. Er stellt die Spekulation an, der Kalender müsse »die tägliche oder jährliche Zunahme oder Abnahme einer temperaturunabhängigen, photosensitiven Chemikalie« sein. Er findet keine Grundlage, auf der sich eine Annahme darüber machen ließe, ob die Lichtzyklen tageweise (Tag/Nacht) oder jahreweise (gemäß den Jahreszeiten) zu denken sind. Einen Beweis für die Vermutung, das Licht stelle die Uhr dar, sieht Janzen darin, daß kein Bambus mit präzisiertem Zyklus innerhalb des Bereichs von fünf Breitengraden vom Äquator wächst – denn in dieser Zone sind die Variationen der Tage und Jahreszeiten zu klein.

Die Bambusblüte erinnert an die Geschichte einer verblüffenden Periodizität, die den meisten Amerikanern besser bekannt ist – die der »periodischen« Zikade (Magicicada) oder 17-Jahre-»Heuschrecke«. (Zikaden sind gar keine Heuschrecken, sondern große Mitglieder der Ordnung Homoptera, einer Gruppe vorwiegend kleiner Insekten, zu denen auch die Blattläuse und ihre Verwandten gehören; Heuschrecken bilden zusammen mit Grillen und Grashüpfern die Ordnung Orthoptera). Die Geschichte der »periodischen« Zikade ist fast noch erstaunlicher, als die meisten Leute wissen: 17 Jahre lang leben ihre Larven unter der Erde und saugen den Saft aus den Wurzeln von Waldbäumen, überall in der westlichen Hälfte der USA (mit Ausnahme der Südstaaten, wo eine sehr ähnliche oder identische Gruppe von Arten alle 13 Jahre hervorkommt). Dann kriechen innerhalb weniger Wochen Millionen reifer Larven aus dem Boden hervor, schlüpfen aus, paaren sich, legen Eier und sterben. (Die besten Darstellungen von einem evolutionären Standpunkt aus finden sich in einer Reihe von Artikeln von M. Lloyd und H. S. Dybas, die 1966 in *Evolution* und 1974 in *Ecological Monographs* erschienen.) Am bemerkenswertesten ist die Tatsache, daß nicht nur eine, sondern drei Arten von »periodischen« Zikaden genau dem gleichen Schema folgen und gemeinsam in strenger Synchronie schlüpfen. Verschiedene Gegenden mögen unterschiedliche Phasen haben – Populationen in der Umgebung von Chicago erscheinen nicht im selben Jahr wie die Formen aus Neuengland. Aber der 17-Jahre-Zyklus (13 Jahre im Süden) ist für jeden »Wurf« unveränderlich – am gleichen Ort erscheinen die drei Arten stets gemeinsam. Janzen erkennt, daß die Zikaden und der Bambus, trotz ihrer biologischen und geographischen Distanz, das gleiche evolutionäre Problem stellen. Neuere Untersuchungen, schreibt er, »enthüllen keine klare qualitative Differenz zwischen jenen Insekten und dem Bambus, es sei denn vielleicht in der Art, wie sie die Jahre zählen«.

Als Evolutionstheoretiker suchen wir eine Antwort auf die Frage »warum«. Warum vor allem entwickelte sich eine solche verblüffende Gleichzeitigkeit, und warum ist die Periode zwischen den Episoden geschlechtlicher Reproduktion so lang? Wie ich bei der Diskussion von Fortpflanzungsmethoden gewisser Fliegen sagte (Essay 10), erhält die Theorie der natürlichen Auslese ihre stärkste Unterstützung, wenn wir befriedigende Erklärungen für Phänomene geben können, die wir intuitiv als bizarr oder sinnlos empfinden.

In diesem Falle sind wir mit einem Problem konfrontiert, das noch jenseits der offenkundigen Sonderbarkeit der großen Verschwendung

liegt (denn nur wenige Samen können in so gesättigtem Boden keimen). Die Gleichzeitigkeit des Blühens oder Ausschlüpfens scheint eine Ordnung und Harmonie widerzuspiegeln, die sich offenbar auf die Art als ganze und nicht auf ihre einzelnen Mitglieder auswirkt. Doch die Darwinsche Theorie geht davon aus, es gebe kein höheres Prinzip jenseits der Individuen, die in ihrem eigenen Interesse handeln – das heißt der Repräsentation ihrer eigenen Gene in zukünftigen Generationen. Wir müssen fragen, welcher Vorteil für eine individuelle Zikade oder Bambuspflanze in der Gleichzeitigkeit der Paarung liegt.

Das Problem ähnelt dem, vor das Adam Smith sich gestellt sah, als er sich für eine ungezügelte Politik des Laissez-faire aussprach, um sicher zu einer harmonischen Ökonomie zu gelangen. Die ideale Ökonomie, meinte er, werde geordnet und ausgewogen erscheinen, aber sie würde »natürlich« aus dem Zusammenspiel von Individuen hervorgehen, die keinen anderen Pfad als den der Verfolgung ihrer eigenen Interessen gehen. Die sichtbare Richtung auf eine höhere Harmonie hin, sagt Smith in seiner berühmten Metapher, spiegelt nur die Tüchtigkeit einer »unsichtbaren Hand« wider:

Da jedes Individuum . . . , indem es (seinen) Eifer so ausrichtet, daß sein Produkt den höchsten Wert erzielt, nur seinen eigenen Gewinn anstrebt, wird es hier wie in so vielen anderen Fällen von einer unsichtbaren Hand geleitet, um ein Ziel zu befördern, das nicht Teil seiner Absicht ist . . . Indem es sein eigenes Interesse verfolgt, befördert es oft wirksamer das der Gesellschaft, als wenn es tatsächlich beabsichtigt, dieses zu befördern.

Seit Darwin Adam Smith der Natur aufpfropfte, um seine Theorie der natürlichen Zuchtwahl aufzustellen, müssen wir die Erklärung für eine sichtbare Harmonie in dem Vorteil suchen, den sie für die Individuen mit sich bringt. Was also gewinnt eine individuelle Zikade oder Bambuspflanze, wenn sie sich so selten der Paarung hingibt, und dies gleichzeitig mit allen ihren Genossen?

Um die wahrscheinlichste Erklärung zu würdigen, müssen wir uns daran erinnern, daß die menschliche Biologie oft nur ein schlechtes Modell für die Kämpfe anderer Organismen abgibt. Menschen sind langsam wachsende Lebewesen. Wir investieren eine Menge Energie in die Aufzucht von wenigen, spät reifenden Nachkommen. Unsere Populationen werden nicht durch den massenhaften Tod fast aller jugendlichen Mitglieder kontrolliert. Doch viele Organismen befolgen im »Kampf ums Dasein« eine ganz andere Strategie: Sie produzieren gewaltige Mengen an Samen oder Eiern, sozusagen in der

Hoffnung, daß einige wenige die Widrigkeiten des Lebensanfangs überstehen werden. Diese Organismen werden oft von ihren Räubern kontrolliert, und so muß ihre evolutionäre Reaktion eine Strategie sein, welche die Gefahr, gefressen zu werden, verringert. Zikaden und Bambussamen scheinen für eine Vielzahl von Organismen eine besonders schmackhafte Nahrung zu sein.

Die Naturgeschichte ist zum großen Teil die Geschichte verschiedener Adaptionen, um der Verfolgung zu entgehen. Einige Individuen verstecken sich, andere schmecken nicht, andere lassen sich Stacheln oder dicke Schalen wachsen, andere bringen es fertig, einem gefährlichen Verwandten ähnlich zu sehen; die Liste ist fast endlos, ein atemberaubender Tribut an die Vielfalt der Natur. Bambussamen und Zikaden befolgen eine ungewöhnliche Strategie: Sie sind massenhaft und sichtbar verfügbar, aber so selten und dann in so großer Anzahl, daß potentielle Räuber unmöglich den gesamten Segen auffressen können. Unter Evolutionsbiologen nennt man diese Verteidigung »Sättigung des Räubers«.

Eine wirksame Strategie zur Sättigung des Räubers erfordert zwei Adaptionen. Zunächst muß die Gleichzeitigkeit der Reproduktion oder des Auftretens sehr genau sein, um sicherzustellen, daß der Markt wirklich überfüllt ist, und zwar nur für kurze Zeit. Zweitens darf diese Überschwemmung nicht zu oft eintreten, damit die Räuber nicht einfach ihren eigenen Lebenszyklus an vorhersagbare Zeiten des Überflusses anpassen. Wenn der Bambus jedes Jahr blühen würde, könnten die Samenfresser den Zyklus nachahmen und ihre eigenen zahlreichen Jungen zur Zeit der jährlichen Fülle produzieren. Wenn aber die Periode zwischen den Blüteepisoden die Lebensspanne jedes Räubers weit übertrifft, kann der Zyklus nicht festgestellt werden (es sei denn durch den einen besonderen Primaten, der seine eigene Geschichte aufschreibt). Damit ist der Vorteil der Gleichzeitigkeit für individuelle Bambuspflanzen und Zikaden ganz klar: Wer aus dem Rhythmus kommt, wird sofort gefressen (bei den Zikaden treten mitunter Außenseiter in falschen Jahren auf, können aber nie Fuß fassen).

Die Hypothese von der Sättigung des Räubers ist zwar unbewiesen, entspricht aber dem primären Kriterium für eine erfolgreiche Erklärung: Sie koordiniert eine Reihe von Beobachtungen, die andernfalls unverknüpft und in diesem Falle ausgesprochen sonderbar blieben. Wir wissen zum Beispiel, daß Bambussamen von einer Vielzahl von Tieren gefressen werden, darunter von vielen Wirbeltieren mit langen Lebensspannen; in diesem Kontext ergibt die Seltenheit von Blüte-

zyklen unter fünfzehn oder zwanzig Jahren einen Sinn. Wir wissen auch, daß die gleichzeitige Aussäung der Samen eine betroffene Gegend überschwemmen kann. Janzen berichtet von einem 15 cm dicken Sament Teppich unter einer Elternpflanze. Zwei Arten eines Bambus von Madagaskar produzierten während eines Massenblühens auf einem großen Gebiet von 100 000 Hektar fünfzig Kilo Samen pro Hektar.

Besonders eindrucksvoll ist die Gleichzeitigkeit unter drei Arten von Zikaden – zumal die Jahre ihres Auftretens von Ort zu Ort verschieden sind, stets jedoch in einer Gegend alle drei Arten gemeinsam aus dem Boden kommen. Am stärksten aber bin ich von dem Timing der Zyklen selbst beeindruckt. Warum haben wir 13- und 17-Jahres-Zikaden, aber keine Zyklen von 12, 14, 15, 16 oder 18 Jahren? 13 und 17 haben etwas gemeinsam. Sie sind groß genug, um den Lebenszyklus jedes möglichen Räubers zu übertreffen, aber sie sind auch Primzahlen (teilbar durch keine ganze Zahl, die kleiner als sie selbst ist). Viele potentielle Räuber haben Lebenszyklen von zwei bis fünf Jahren. Solche Zyklen werden von der Verfügbarkeit »periodischer« Zikaden nicht beeinflußt (denn sie haben ihren Höhepunkt zu oft in zikadenlosen Jahren), aber die Zikaden würden eifrig geerntet werden, wenn die Zyklen zusammenfielen. Man stelle sich einen Verfolger mit einem Lebenszyklus von fünf Jahren vor: Wenn die Zikaden alle 15 Jahre auftreten würden, wäre jeder Schwarm von diesem Räuber betroffen. Indem sie einem Zyklus mit einer hohen Primzahl folgen, verringern die Zikaden die Anzahl von Koinzidenzen (in diesem Falle alle 5 mal 17, also alle 85 Jahre). 13- oder 17-Jahres-Zyklen können von keiner kleineren Zahl her festgestellt und nachgeahmt werden. Das Leben ist, wie Darwin feststellte, für die meisten Geschöpfe ein Kampf.

Die Waffen fürs Überleben müssen keine Zähne und Klauen sein; auch Muster der Reproduktion sind dienlich. Gelegentlicher Überfluß ist einer der Wege zum Erfolg. Manchmal ist es vorteilhaft, alle Eier in einen Korb zu legen – man muß nur genügend viele produzieren, und das nicht zu häufig.

12 Das Problem der Vervollkommnung oder: Wie kann eine Muschel ihr hinteres Ende mit einem Fisch ausstatten?

Im Jahre 1802 machte sich Erzdiakon Paley daran, Gott zu preisen, indem er die wunderbare Anpassung der Organismen an die ihnen

zugewiesenen Rollen illustrierte. Die mechanische Vollkommenheit des Auges von Wirbeltieren inspirierte ihn zu einem hingerissenen Sermon über Gottes Güte; auch die unglaubliche Ähnlichkeit bestimmter Insekten mit dem Dung erregte seine Bewunderung, denn Gott muß alle seine Geschöpfe schützen, die kleinen wie die großen. Die Evolutionstheorie zerstörte den großen Plan des Erzdiakons, aber einzelne Gedankengänge aus seiner Naturtheologie haben überlebt. Moderne Evolutionstheoretiker zitieren die gleichen Spiele und Spieler; nur die Regeln haben sich geändert. Mit gleichem Staunen, mit gleicher Bewunderung erfahren wir jetzt, daß die natürliche Auslese das Agens der guten Konstruktion ist. Als intellektueller Nachkomme von Darwin zweifle ich nicht an dieser Zuschreibung. Aber mein Vertrauen in die Macht der natürlichen Auslese hat andere Wurzeln, es gründet nicht in den »Organen von äußerster Vollkommenheit und Komplexität«, wie Darwin es nannte. In Wirklichkeit betrachtete Darwin wirklich gute Konstruktion sogar als Problem für seine Theorie. Er schrieb:

Anzunehmen, daß das Auge mit all seinen unnachahmlichen Vorrichtungen zur Anpassung des Focus an verschiedene Entfernungen, zur Zulassung verschiedener Mengen von Licht, zur Korrektur sphärischer und chromatischer Abweichungen durch die natürliche Zuchtwahl entstanden sein soll, scheint, das gebe ich zu, im höchsten Maße absurd zu sein.

In Essay 10 habe ich die Gallmücke beschrieben, um das entgegengesetzte Problem zu illustrieren – Strukturen und Verhaltensweisen, die sinnlos erscheinen. Aber »Organe von äußerster Vollkommenheit« zeigen unzweideutig ihren Wert; die Schwierigkeit liegt darin, zu erklären, wie sie entstanden sind. Nach der Darwinschen Theorie tauchen komplexe Adaptionen nicht mit einem einzigen Schritt auf, denn dann wäre die natürliche Auslese allein auf die destruktive Aufgabe beschränkt, alle Untauglichen auszuschalten, wann immer plötzlich ein besser angepaßtes Geschöpf in Erscheinung tritt. Die natürliche Zuchtwahl spielt jedoch in Darwins System eine konstruktive Rolle: Sie gestaltet die Adaptionen schrittweise, durch eine Reihe von Zwischenstadien, indem sie nach und nach Elemente zusammenbringt, die erst als Teile des endgültigen Produkts Sinn zu haben scheinen. Aber wie kann eine Reihe vernünftiger Zwischenformen konstruiert werden? Welchen Wert kann der erste winzige Ansatz zu einem Auge für seinen Besitzer haben? Das Insekt mit seiner Mimikry an den Dung ist wohl geschützt, aber kann es zu irgend etwas gut sein, zu fünf Prozent sehen zu können wie ein Scheißdreck? Darwins

Kritiker haben dies Dilemma als das Problem bezeichnet, den »Anfangsstadien nützlicher Bildungen« einen adaptiven Wert zuzuschreiben. Und Darwin verteidigte sich, indem er versuchte, die Zwischenstadien zu finden und ihre Nützlichkeit zu spezifizieren.

Die Vernunft sagt mir, wenn zahlreiche Abstufungen von einem einfachen und unvollkommenen Auge bis zu einem komplexen und vollkommenen nachgewiesen werden können, müsse jede Stufe für ihren Besitzer nützlich sein . . . dann aber sollte die Schwierigkeit in der Vorstellung, daß ein vollkommenes und komplexes Auge durch natürliche Zuchtwahl entstanden sei, so unüberwindlich sie unserer Einbildungskraft auch erscheint, nicht als verhängnisvoll für unsere Theorie betrachtet werden.

Das Argument wütet noch immer, und Organe von äußerster Vollkommenheit haben noch immer einen hohen Stellenwert im Arsenal moderner Kreationisten.

Jeder Naturforscher hat sein Lieblingsbeispiel für eine Staunen erregende Adaption. Das meine ist der »Fisch«, der sich an einigen Arten der Süßwassermuschel *Lampsilis* findet. Wie die meisten Muscheln lebt *Lampsilis* halb in die Bodenablagerungen eingegraben, nur das hintere Ende steht heraus. Auf diesem hinteren Ende reitet eine Bildung, die ganz und gar wie ein kleines Fischchen aussieht. Es hat einen stromlinienförmigen Körper, wohlgezeichnete Seitenflossen, einen Schwanz und sogar einen Augenfleck. Und ob man es glaubt oder nicht, die Flossen bewegen sich rhythmisch hin und her und imitieren eine Schwimmbewegung.

Die meisten Muscheln legen ihre Eier direkt ins umgebende Wasser, wo sie befruchtet werden und ihre embryonale Entwicklung durchmachen. Aber weibliche Unioniden (der Fachausdruck für Süßwassermuscheln) behalten ihre Eier im Körper, wo sie von dem Sperma befruchtet werden, das die in der Nähe befindlichen Männchen ins Wasser absondern. Die befruchteten Eier entwickeln sich in Gefäßen innerhalb der Kiemen, wo sie einen Brutbeutel (*Marsupium*) bilden. Bei *Lampsilis* bildet der aufgeblasene Brutbeutel der schwangeren weiblichen Form den Fischersatz. Ihn umgeben symmetrisch auf beiden Seiten Ausdehnungen des Mantels, also der »Haut«, welche die weichen Teile aller Muscheln umgibt und gewöhnlich am Schalenrand endet. Diese Lappen sind sorgfältig geformt und gefärbt, um einem Fisch zu ähneln, mit einem deutlichen, oft flatternden Schwanz an einem Ende und einem »Augenfleck« am andern. Eine besondere Ganglie im Innern des Mantelrandes versieht diese Lappen mit Nervenreizen. Wenn sich die Lappen rhythmisch bewegen, setzt sich

ein im Schwanz beginnender Puls langsam bis nach vorn fort und treibt eine Aufblähung in den Lappen durch den ganzen Körper. Dieser komplizierte, aus dem Brutbeutel und den Mantellappen gebildete Mechanismus sieht nicht nur wie ein Fisch aus, sondern bewegt sich auch so.

Warum sollte eine Muschel ihr hinteres Ende mit einem Fisch ausstatten? Die Antwort ergibt sich aus der ungewöhnlichen Reproduktionsbiologie von *Lampsilis*. Die Larven der Unioniden können sich nicht ohne eine Freifahrt auf einem Fisch während der Frühzeit ihres Wachstums entwickeln. Die meisten Unionidenlarven besitzen

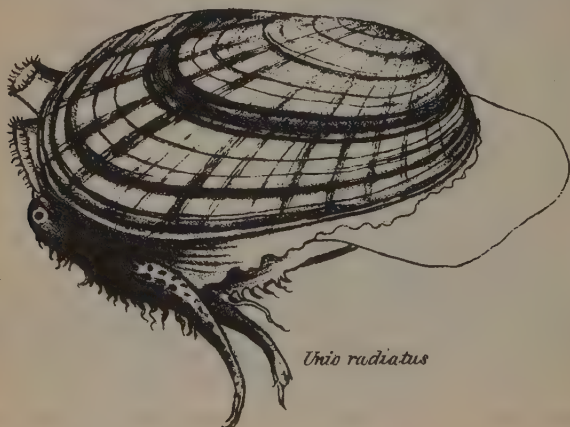


»Fisch« mit Augenfleck und Schwanz reitet auf *Lampsilis ventricosa*. Wenn sich ein Fisch nähert, sondert die Muschel Larven ab; einige werden von dem Fisch verschlungen und finden den Weg in seine Kiemen, wo sie weiter reifen. (John H. Welsh)

zwei kleine Haken. Wenn sie aus dem Brutbeutel ihrer Mutter entlassen sind, fallen sie auf den Boden des Flusses und warten auf einen vorbeikommenden Fisch. Aber die Larven von *Lampsilis* haben keine solche Haken und können sich nicht aktiv irgendwo anheften. Um zu überleben, müssen sie ins Maul eines Fisches kommen und sich an bevorzugte Orte an den Kiemen begeben. Der Fischersatz von *Lampsilis* ist eine belebte Attrappe, die sowohl die Gestalt als auch die Bewegung des Tiers imitiert, die sie anziehen soll. Wenn sich ein Fisch nähert, sondert *Lampsilis* Larven aus dem Brutbeutel ab; einige davon werden von dem Fisch aufgenommen und finden ihren Weg zu den Kiemen.

Das Stratagem von *Cyprogenia*, einer verwandten Gattung, verdeutlicht, wie wichtig es ist, einen Wirt anzuziehen. Diese Muscheln »gehen angeln«, auf eine Art und Weise, die später von den Schülern Isaak Waltons neu erfunden wurde. Die Larven heften sich an einen hellroten »Wurm«, welcher aus Protein besteht, das im Körper der Mutter hergestellt wird. Die »Würmer« werden durch den Ausatmungssipho ausgeschieden. Einige Beobachter berichten, daß Fische diese »Würmer« suchen und fressen und sie oft, wenn sie nicht vollständig ausgeschieden sind, aus dem Sipho des Weibchens herausziehen.

An der adaptiven Bedeutung des Scheinfisches können wir kaum



Isaac Lea veröffentlichte 1838 diese Abbildung des Scheinfisches. Ich danke John H. Welsh für die Übersendung dieser Abbildung.

zweifeln, aber wie konnte er jemals durch Evolution entstehen? Wie taten sich Mantellappen und Brutbeutel zusammen, um ihre List durchzuführen? Ein glücklicher Zufall oder eine vorherbestimmte Richtung mögen unserer Intuition eher einleuchten als eine abgestufte Konstruktion durch natürliche Auslese mittels einiger Zwischenformen, die zumindest anfangs einem Fisch kaum ähnlich gesehen haben mögen. Der raffinierte Fisch auf *Lampsilis* ist ein klassisches Beispiel für ein Dilemma im Darwinismus. Können wir den Anfangsstadien dieser nützlichen Bildung wirklich eine adaptive Bedeutung zuweisen?

Das allgemeine Prinzip, das die modernen Evolutionstheoretiker gefunden haben, um dies Dilemma zu lösen, benutzt den unglücklich geprägten Begriff der »Präadaption«. (Ich sage unglücklich, weil der Terminus suggeriert, daß die Arten sich im voraus an zukünftige Ereignisse ihrer Evolutionsgeschichte anpassen, wobei gerade die entgegengesetzte Bedeutung gemeint ist.) Der Erfolg einer wissenschaftlichen Hypothese enthält oft ein Überraschungsmoment. Häufig finden sich Lösungen nach der leichten Umformulierung einer Frage, nicht durch die fleißige Sammlung neuer Informationen innerhalb eines alten theoretischen Rahmens. Mit der Präadaption durchschneiden wir das Dilemma einer Funktion von Anfangsstadien, indem wir den üblichen Einwand akzeptieren und zugeben, daß die Zwischenstufen nicht in der gleichen Weise wirksam waren wie ihre vervollkommenen Nachfahren. Wir vermeiden die hervorragende Frage: Wozu sind fünf Prozent eines Auges gut?, indem wir argumentieren, daß der Besitzer einer solchen Anfangsbildung sie nicht zum Sehen benutzte. Um an ein Standardbeispiel zu erinnern: Die ersten Fische hatten noch keine Kiefer. Wie konnte ein so komplizierter Mechanismus, der aus einer ganzen Reihe miteinander verbundener Knochen besteht, sich evolutionär von Anfang an entwickeln? »Von Anfang an« erweist sich als Trugschluß. Die Knochen waren bereits bei den Vorfahren vorhanden, aber sie hatten eine andere Funktion – sie trugen den Kiemenbogen, der direkt hinter dem Maul liegt. Für diese Rolle bei der Atmung waren sie vorzüglich gestaltet; allein dazu waren sie entstanden und »wußten« nichts von irgendeiner künftigen Funktion. Im nachhinein betrachtet, waren diese Knochen bewundernswert präadaptiert, um Kiefer zu werden. Der komplizierte Mechanismus war bereits beieinander, aber er wurde zum Atmen benutzt und nicht zum Fressen.

Ähnlich: Wie konnte eine Fischflosse jemals zu einem irdischen Glied werden? Die meisten Fische bilden ihre Flossen aus schmalen, paralle-

len Strahlen, die das Gewicht eines Tieres auf dem Land nicht tragen könnten. Aber eine besondere Gruppe von Fischen, die im Süßwasser am Boden leben – unsere Vorfahren –, entwickelten eine Flosse mit einer starken, zentralen Achse und nur wenigen ausstrahlenden Abzweigungen. Sie war glänzend präadaptiert, um zu Lande ein Bein zu werden, war aber evolutionär rein für ihre eigenen Zwecke im Wasser entstanden – vermutlich, um den Fisch durch starke Rotation der zentralen Flossenachse am Boden entlangzubewegen.

Kurz gesagt, das Prinzip der Präadaption besagt einfach, daß eine Bildung ihre Funktion radikal ändern kann, ohne ihre Gestalt ebenso deutlich zu ändern. Wir können die Vorfälle der Zwischenstufen überbrücken, wenn wir annehmen, daß alte Funktionen noch beibehalten werden, während sich bereits neue entwickeln.

Ob uns die Präadaption auch verhelfen kann, zu verstehen, wie *Lampsilis* zu ihrem Fisch gekommen ist? Unter zwei Bedingungen wäre das möglich: 1. Wir müssen eine Zwischenform finden, die zumindest einige Elemente des Fisches für andere Zwecke benutzt; 2. wir müssen andere Funktionen als die der optischen Täuschung finden, die der Protofisch erfüllte, während er schrittweise seine verblüffende Ähnlichkeit annahm.

Ligumia nasuta, eine »Cousine« von *Lampsilis*, scheint die erste Bedingung zu erfüllen. Trächtige Weibchen dieser Art haben keine Mantellappen, aber sie besitzen dunkel pigmentierte, bandartige Membranen zwischen den halbgeöffneten Schalen. *Ligumia* benutzt diese Membranen, um eine ungewöhnliche, rhythmische Bewegung hervorzubringen. Die äußersten Enden der Bänder streben auseinander und bilden einen Spalt, einige Millimeter lang, in der Mitte der Schalen. Durch diesen Spalt wird die weiße Farbe der inneren weichen Teile deutlich gegen die dunkle Pigmentierung der Bänder sichtbar. Dieser weiße Fleck scheint sich auf den Rücken der Muschel zubewegen, wenn sich eine Öffnungswelle durch die Membranen bewegt. Die Wellen wiederholen sich etwa alle zwei Sekunden. J. H. Welsh schrieb in der Mai-Ausgabe 1966 von *Natural History*:

Die Regelmäßigkeit des Rhythmus ist bemerkenswert konstant. Als Blickfang wirkt auf einen menschlichen Beobachter und vielleicht auch auf einen Fisch der weiße Fleck, der sich vor dem dunklen Hintergrund der Muschel und der Ablagerungen, in die sie halb eingegraben ist, zu bewegen scheint. Sicher könnte dies ein Köder für einen Wirtsfisch bilden und damit eine spezialisierte Adaption darstellen, aus der sich der kompliziertere, fischähnliche Köder entwickelte.

Wir haben es immer noch mit einem Kunstgriff zu tun, der Fische anziehen soll, aber der Mechanismus besteht in abstrakter regelmäßiger Bewegung, nicht in visueller Mimikry. Wenn dieser Kunstgriff wirksam war, während sich die Mantellappen entwickelten, haben wir kein Problem mit den Zwischenstufen. Eine Mantelbewegung zog die Fische von vornherein an; die langsame Entwicklung einer »alternativen Technologie« verbesserte nur den Prozeß.

Lampsilis selbst erfüllt die zweite Bedingung. Obwohl niemand die Bedeutung der visuellen Ähnlichkeit als Köder bestreitet, stellt die führende Forscherin auf dem Gebiet von Lampsilis, L. R. Kraemer, die übliche Annahme in Frage, daß die Lappenbildung des Körpers nur dazu diene, die Bewegungen eines Fisches zu simulieren. Sie meint, die Lappen hätten sich entwickelt, um die Larven im Brutbeutel mit Luft zu versehen, oder um sie im Wasser in der Schwebelage zu halten, nachdem sie herausgekommen sind. Wenn die Lappenbildung von vornherein diese beiden Vorteile bot, wäre wiederum die zufällige Ähnlichkeit der Lappen mit einem Fisch eine Präadaptation. Die anfängliche, unvollkommene Mimikry konnte durch natürliche Auslese vervollkommen worden sein, während die Lappen andere wichtige Funktionen erfüllten.

Der gesunde Menschenverstand ist ein schlechter Führer auf dem Weg zu wissenschaftlicher Einsicht, denn häufiger ist er von kulturellen Vorurteilen bestimmt als von der angeborenen Ehrlichkeit des kleinen Jungen vor dem nackten Kaiser. Der gesunde Menschenverstand diktierte Darwins Kritikern die Vorstellung, ein allmählicher Wandel der Form müsse die allmähliche Entstehung der Funktion anzeigen. Da sie den frühen und unvollkommenen Stadien einer Funktion keinen adaptiven Wert zuschreiben konnten, nahmen sie entweder an, die frühen Stadien hätten nie existiert (und vollkommene Formen seien ganz plötzlich geschaffen worden) oder sie seien nicht durch natürliche Zuchtwahl entstanden. Das Prinzip der Präadaptation – funktionaler Wandel bei struktureller Kontinuität – vermag dieses Dilemma zu lösen. Darwin beendete seinen Abschnitt über das Auge mit folgender hellsichtiger Wertung des gesunden Menschenverstandes:

Als zum ersten Mal behauptet wurde, die Sonne stehe still und die Welt drehe sich um sie herum, erklärte der gesunde Menschenverstand aller Welt diese Lehre für falsch; aber dem alten Ausspruch *Vox populi, vox Dei* [die Stimme des Volkes ist die Stimme Gottes] ist, wie jeder Philosoph weiß, in der Wissenschaft nicht zu trauen.

IV STRUKTUREN UND EINSCHNITTE IN DER GESCHICHTE DES LEBENS

13 Das Fünfeck des Lebens

Als ich zehn Jahre alt war, erschreckte mich James Arness als riesige, gefährliche Mohrrübe in dem Film *The Thing* (1951). Als ich vor ein paar Monaten, älter, weiser und ein bißchen gelangweilt, die letzte Wiederholung im Fernsehen sah, war das vorherrschende Gefühl das von Ärger. Ich erkannte den Film als politisches Dokument, das die übelsten Empfindungen Amerikas im Kalten Krieg ausdrückt: der Held, ein harter, militärischer Kerl, der den Feind nur gänzlich zu zerstören wünscht; der Bösewicht, ein naiv liberaler Wissenschaftler, der mehr über ihn wissen möchte; die Mohrrübe mit ihrer Fliegenden Untertasse, ein gewisses Surrogat für die rote Bedrohung; die berühmten letzten Worte des Films – die leidenschaftliche Aufforderung eines Zeitungsmannes: »Paßt auf den Himmel auf!« – eine Einladung zur Verstärkung von Angst und Mißtrauen.

Zwischen all das schlich sich durch Analogieschluß ein wissenschaftlicher Gedanke ein, und so entstand dieser Essay: die Verschwommenheit aller vorgeblich absoluten taxonomischen Unterscheidungen. Die Welt wird, so sagt man uns, von Lebewesen mit begrifflicher Sprache (uns selbst) bewohnt und von solchen, die keine haben (alle anderen). Aber Schimpansen reden heute (vgl. Essay 5). Alle Geschöpfe sind entweder Pflanzen oder Tiere, aber Arness sah in seiner Rolle als mobiles, riesiges Gemüse eher menschlich (wenngleich erschreckend) aus.

Entweder Pflanzen oder Tiere. Unsere grundlegende Vorstellung von der Vielfalt des Lebens beruht auf dieser Unterscheidung. Aber sie stellt kaum mehr als ein Vorurteil dar, ausgeheckt von unserem Status als große, erdbewohnende Tiere. Es stimmt schon, die makroskopischen Organismen, die uns zu Land umgeben, können unzweideutig aufgeteilt werden, wenn wir Pilze als Pflanzen bezeichnen, weil sie Wurzeln haben (selbst wenn sie nicht Photosynthese betreiben). Aber wenn wir als winzige Geschöpfe im Plankton des Ozeans schweben würden, hätten wir eine solche Unterscheidung nicht gemacht. Die einzellige Ebene ist voller Mehrdeutigkeit: bewegliche »Tiere« mit funktionierenden Chloroplasten; einfache Zellen wie Bakterien mit keinem klaren Verhältnis zu einer der beiden Gruppen.

Die Taxonomen haben unser Vorurteil kodifiziert, indem sie nur zwei Reiche für alles Leben anerkannten – Plantae und Animalia. Manch

ein Leser mag eine unzulängliche Klassifikation für belanglos halten; wenn wir Organismen präzise charakterisieren können, was macht es dann schließlich, wenn unsere grundlegenden Kategorien die Vielfalt und den Reichtum des Lebens nicht hinreichend darstellen. Aber eine Klassifikation ist kein neutrales Gerüst; sie drückt eine Theorie über die Zusammenhänge aus, die unsere Vorstellungen beherrscht. Das Prokrustesbett der Pflanzen und Tiere hat unsere Anschauung vom Leben verzerrt und uns am Verstehen einiger wesentlicher Merkmale seiner Geschichte gehindert.

Vor einigen Jahren hat der Ökologe R. H. Whittaker von der Cornell-Universität ein System von fünf Reichen für die Organisation des Lebens vorgeschlagen (*Science*, 10. Januar 1969); sein Schema wurde kürzlich durch die Biologin Lynn Margulis von der Boston-Universität verteidigt und erweitert (*Evolutionary Biology*, 1974). Ihre Kritik an der traditionellen Dichotomie beginnt schon bei den einzelligen Geschöpfen.

Der Anthropozentrismus hat eine bemerkenswerte Vielfalt von Folgeerscheinungen, vom Tagebau bis zum Walfang. In der volkstümlichen Taxonomie führt er nur dazu, daß wir bei Geschöpfen, die uns nah sind, sehr feine Unterscheidungen machen, und sehr grobe bei den entfernteren, »einfachen« Organismen. Jeder neue Fund eines Zahns definiert ein neues Säugetier, aber wir neigen dazu, alle einzelligen Kreaturen als »primitive« Organismen zusammenzuwerfen. Nichtsdestoweniger stellen Spezialisten heute die These auf, daß die fundamentalste Unterscheidung zwischen Lebewesen nicht die zwischen den »höheren« Pflanzen und Tieren ist; es ist vielmehr eine Teilung unter den einzelligen Geschöpfen selbst – zwischen den Bakterien und blaugrünen Algen auf der einen Seite und den anderen Gruppen der Algen und Protozoen (Amöben, Pantoffeltierchen usw.) auf der andern. Und keine der beiden Gruppen läßt sich nach Whittaker und Margulis mit irgendeinem Recht Pflanze oder Tier nennen; wir brauchen zwei neue Reiche für die einzelligen Organismen.

Den Bakterien und blaugrünen Algen mangeln die inneren Strukturen, die »Organellen« der höheren Zellen. Sie haben keinen Kern, keine Chromosomen, Chloroplasten oder Mitochondrien (die »Kraftwerke« der höheren Zellen). Solche einfachen Zellen heißen »prokaryotisch« (etwa »vor den Kernen«, denn das griechische »karyon« heißt »Kern«). Zellen mit Organellen nennt man »eukaryotisch« (»wirklich mit Kernen«). Whittaker betrachtet diese Unterscheidung als »die klarste, am wirksamsten diskontinuierliche Trennung zwi-

schen Stufen in der Organisation der Welt des Lebenden«. Drei verschiedene Argumente unterstützen diese Aufteilung:

1. Die Geschichte der Prokaryoten. Unsere ältesten Beweise für das Vorhandensein von Leben stammen aus Gesteinen, die etwa drei Milliarden Jahre alt sind. Von diesem Zeitpunkt bis etwa zur Zeit vor einer Milliarde Jahren verweisen alle Fossilien allein auf die Existenz von prokaryotischen Organismen; zwei Milliarden Jahre lang waren Matten von blaugrünen Algen die kompliziertesten Formen des Lebens auf der Erde. Über das, was danach geschah, sind die Meinungen geteilt. Der Paläobotaniker J. W. Schopf vom UCLA meint, Beweise für eukaryotische Algen in australischen Gesteinen zu haben, die eine Milliarde Jahre alt sind. Andere glauben, Schopfs Organellen seien nur die post mortem entstandenen Zerfallsprodukte von prokaryotischen Zellen. Wenn diese Kritiker recht haben, gibt es keine Beweise für eukaryotische Zellen vor dem allerersten Präkambrium, also kurz vor der großen kambrischen »Explosion«, die vor 600 Millionen Jahren stattfand (vgl. Essays 14 und 15). Jedenfalls bevölkerten die prokaryotischen Organismen während zwei Dritteln bis fünf Sechsteln der Geschichte des Lebens die Erde allein. Mit vollem Recht nennt Schopf das Präkambrium das »Zeitalter der blaugrünen Algen«.

2. Eine Theorie über den Ursprung der eukaryotischen Zelle. Margulis hat in den letzten Jahren mit ihrer modernen Verteidigung einer alten Theorie großes Interesse erregt. Der Gedanke erscheint auf den ersten Blick schlechterdings absurd, weckt aber rasch Aufmerksamkeit, wenn nicht Zustimmung. Ich selbst zolle ihm natürlich Beifall. Margulis behauptet, die eukaryotische Zelle sei als Kolonie von Prokaryoten entstanden – unser Nukleus und unsere Mitochondrien waren also zum Beispiel ursprünglich unabhängige prokaryotische Organismen. Einige heutige prokaryotische Zellen können in Eukaryoten eindringen und dort als Symbionten leben. Die meisten prokaryotischen Zellen haben ungefähr die Größe von eukaryotischen Organellen; die Chloroplaste von photosynthetischen Eukaryoten sehen den gesamten Zellen einiger grünblauer Algen überraschend ähnlich. Schließlich haben einige Organellen ihre eigenen selbst-replikativen Gene, Überreste ihres früher unabhängigen Zustands als ganze Organismen.

3. Die evolutionäre Bedeutung der eukaryotischen Zelle. Verfechter der Empfängnisverhütung haben die Biologie ganz auf ihrer Seite, wenn sie behaupten, Geschlecht und Fortpflanzung dienten verschiedenen Zwecken. Die Fortpflanzung vermehrt eine Art, und dabei gibt

es keine wirksamere Methode als die Knospungen und Teilungen der Prokaryoten. Die biologische Funktion der Geschlechtlichkeit hingegen besteht darin, die Variabilität zu befördern, indem die Gene von zwei (oder mehr) Individuen gemischt werden. (Sexualität ist gewöhnlich mit Fortpflanzung kombiniert, weil es zweckdienlich ist, die Mischung in einem Nachkommen vorzunehmen.)

Ein wesentlicher evolutionärer Wandel kann nur auftreten, wenn die Organismen einen großen Vorrat an genetischer Variabilität beibehalten. Der schöpferische Prozeß der natürlichen Auslese arbeitet, indem er günstige genetische Varianten aus einem breiten Bereich der Möglichkeiten auswählt. Die Geschlechtlichkeit kann in diesem Maßstab für Variation sorgen, aber eine wirksame geschlechtliche Reproduktion erfordert die Abpackung des genetischen Materials in diskrete Einheiten (Chromosomen). Daher haben die Geschlechtszellen bei Eukaryoten nur halb so viele Chromosomen wie normale Körperzellen. Wenn sich zwei Geschlechtszellen vereinen, um einen Nachkommen zu produzieren, wird die ursprüngliche Menge an genetischem Material wiederhergestellt. Prokaryotisches Geschlecht hingegen ist selten und wirkungslos. (Es wirkt richtungslos und führt nur zur Übertragung einiger weniger Gene von einer Geberzelle zu einem Empfänger.)

Asexuelle Reproduktion bringt identische Kopien der Elternzellen hervor, es sei denn, es greift eine Mutation ein und bewirkt einen geringfügigen Wandel. Aber eine neue Mutation ist selten, so daß asexuelle Arten nicht genug Variabilität für einen signifikanten evolutionären Wandel aufweisen. Zwei Milliarden Jahre lang blieben Algenmatten die gleichen Algenmatten. Aber die eukaryotische Zelle machte die Geschlechtlichkeit wahr; und kaum eine Milliarde Jahre später sind wir da – Menschen, Küchenschaben, Walrösser, Petunien und Seepferdchen.

Also sollten wir die deutlichst mögliche taxonomische Unterscheidung machen, um die Differenz zwischen eukaryotischen und prokaryotischen Einzellern auszudrücken. Damit würden zwei Reiche für die einzelligen Organismen entstehen: Monera für die Prokaryoten (Bakterien und blaugrüne Algen); Protista für die Eukaryoten.

Unter den vielzelligen Organismen behalten Plantae und Animalia ihren überlieferten Sinn. Woher kommt dann das fünfte Reich? Man bedenke die Pilze. Unsere Prokrustesdichotomie zwang sie ins Pflanzenreich, vermutlich, weil sie an einem einzigen Ort verwurzelt sind. Aber mit diesem einen irreführenden Merkmal endet auch bereits ihre Ähnlichkeit mit den wirklichen Pflanzen.

Höhere Pilze haben ein System von Gefäßen, das oberflächlich dem der Pflanzen gleichsieht; aber während in den Pflanzen Nährstoffe fließen, bewegt sich in den Gefäßen der Pilze Protoplasma selbst. Viele Pilze pflanzen sich fort, indem sich die Kerne einiger Individuen ohne Verschmelzung zu einem vielkernigen Gewebe kombinieren. Die Liste ließe sich noch verlängern, aber alle Eintragungen verblasen vor dem wesentlichsten Faktum: Pilze betreiben keine Photosynthese. Sie leben eingebettet in ihre Nahrungsquelle und ernähren sich durch Absorption (häufig mittels der Absonderung von Enzymen zum Zwecke externer Verdauung). Pilze also bilden das fünfte und letzte Reich.

Wie Whittaker sagt, stellen die drei Reiche des mehrzelligen Lebens sowohl eine ökologische als auch eine morphologische Klassifikation dar. Es zeigen sich die drei hauptsächlichen Möglichkeiten, in unserer Welt durchs Leben zu kommen: Produktion bei den Pflanzen, Reduktion bei den Pilzen und Konsumtion bei den Tieren. Und – ein weiterer Nagel zum Sarg unserer eigenen Relevanz – ich beeile mich, darauf zu verweisen, daß der wesentliche Lebenszyklus zwischen Produktion und Reduktion verläuft. Die Welt könnte recht gut ohne Konsumtion auskommen.

Mir gefällt das System der fünf Reiche, weil es eine vernünftige Geschichte über die organische Vielfalt erzählt. Es ordnet das Leben in drei Ebenen zunehmender Komplexität: die prokaryotischen Einzeller (Monera), die eukaryotischen Einzeller (Protista) und die eukaryotischen Vielzeller (Plantae, Fungi und Animalia). Wenn wir die Ebenen hinaufsteigen, wird das Leben überdies vielfältiger – wie man auch erwarten sollte, da die zunehmende Komplexität des Bauplans mehr Möglichkeiten zur Variation mit sich bringt. Die Welt enthält mehr distinktiv verschiedene Sorten von Protista als von Monera. Auf der dritten Ebene ist die Vielfalt so groß, daß wir drei Reiche brauchen, um sie zu erfassen. Schließlich ist zu vermerken, daß ein evolutionärer Übergang von einer zur anderen Ebene mehr als einmal stattfindet; die Vorteile verstärkter Komplexität sind so groß, daß viele unabhängige Linien in den wenigen möglichen Lösungen konvergieren. Die Mitglieder jedes Reiches haben die Struktur gemeinsam, nicht die Abkunft. Nach Whittakers Ansicht entwickelten sich die Pflanzen mindestens vier getrennte Male aus ihren protistischen Vorfahren, Pilze mindestens fünfmal und Tiere mindestens dreimal (die sonderbaren Mesozoen, die Schwämme und alles übrige).

Das System mit den drei Ebenen und fünf Reichen mag auf den ersten

Blick so aussehen, als verzeichne es einen unvermeidlichen Fortschritt in der Geschichte des Lebens. Die zunehmende Vielfalt und die mehrfachen Übergänge scheinen ein vorherbestimmtes und unerbittliches Voranschreiten zu höheren Formen widerzuspiegeln. Doch die Berichte der Paläontologie lassen eine solche Deutung nicht zu. Es gab keinen stetigen Fortschritt in der höheren Entwicklung organischer Baupläne. Statt dessen gab es weite Strecken mit geringer oder gar keiner Verzögerung, hingegen einen evolutionären Ausbruch, der das ganze System schuf. Während der ersten zwei Drittel oder fünf Sechstel der Geschichte des Lebens bewohnten allein die Monera die Erde, und wir können keinen stetigen Fortschritt von »niederen« zu »höheren« Prokaryoten feststellen. Und ähnlich gab es, seit die kambrische Explosion die Biosphäre füllte, keinen grundlegend neuen Bauplan (obwohl man die begrenzte Verbesserung innerhalb einiger Baupläne anführen kann – bei den Wirbeltieren und den Gefäßpflanzen zum Beispiel).

Das gesamte System unseres Lebens also entstand während der etwa zehn Prozent seiner Geschichte um die kambrische Explosion vor 600 Millionen Jahren. Ich würde zwei wesentliche Ereignisse hervorheben: die Evolution der eukaryotischen Zelle (weil sie alle weitere Komplexität ermöglichte, indem sie durch wirksame sexuelle Reproduktion für genetische Variabilität sorgte) und die Auffüllung des ökologischen Hohlraums durch die explosive Ausstrahlung von vielzelligen Eukaryoten.

Vorher war die Welt des Lebens ruhig, und auch seitdem ist sie wieder relativ ruhig. Die kürzlich eingetretene Evolution des Bewußtseins muß als das katastrophischste Ereignis seit dem Kambrium angesehen werden, und sei es nur wegen seiner geologischen und ökologischen Auswirkungen. Wesentliche Ereignisse der Evolution müssen nicht notwendig in neuen Bauplänen entspringen. Die flexiblen Eukaryoten werden weiterhin Neuheit und Vielfalt produzieren, solange eins ihrer letzten Produkte sich hinreichend kontrolliert, um der Welt eine Zukunft zu sichern.

14 Ein unbesungener einzelliger Held

Ernst Haeckel, der große Propagandist der Evolutionstheorie in Deutschland, liebte es, Wörter zu prägen. Der größte Teil seiner Schöpfungen starb mit ihm gemeinsam vor einem halben Jahrhundert, zu den Überlebenden aber gehören »Ontogenese« und »Phylogenese«

sowie »Ökologie«. Die letztere erlebt heute ein umgekehrtes Schicksal – einen Bedeutungsverlust durch Extension und inflationären Gebrauch. Der alltägliche Sprachgebrauch droht, »Ökologie« zum Etikett für alles Gute zu machen, was fern der Städte geschieht, oder für alles, was keine synthetischen Chemikalien enthält. Im begrenzten und wissenschaftlichen Sinne ist Ökologie die Erforschung der organischen Diversität. Sie konzentriert sich auf die Interaktionen zwischen Organismen und ihren Umwelten, um einer Frage nachzugehen, die vielleicht die grundlegende in der Evolutionsbiologie ist: »Warum gibt es so viele Sorten von Lebewesen?«

Im ersten Jahrhundert des Darwinismus hatten die Ökologen mit der Beantwortung dieser Frage wenig Erfolg. Angesichts überwältigenden Komplexität des Lebens suchten sie sich empirische Wege und füllten Lagerhäuser voll Daten über einfache Systeme in begrenzten Gebieten. Heute, etwa zwanzig Jahre nach dem Jahrhundertjubiläum von Darwins *Entstehung der Arten*, ist die arme Verwandte unter den Evolutionsdisziplinen zur Anführerin geworden. Angefeuert von den Bemühungen der Wissenschaftler mit mathematischen Neigungen, haben die Ökologen theoretische Modelle errichtet und sie erfolgreich angewendet, um die Daten aus der Feldforschung zu erklären. Wir fangen endlich an, die Ursachen der organischen Vielfalt zu verstehen (und zu quantifizieren). Ein wichtiger wissenschaftlicher Fortschritt dehnt gewöhnlich seinen Einfluß aus, indem er auch den Schlüssel zur Lösung hartnäckiger Probleme auf benachbarten Gebieten zur Verfügung stellt. Die theoretische Ökologie, die in den kleinsten Dimensionen »ökologischer« Zeit arbeitet (an organischen Interaktionen im Ablauf von Jahreszeiten oder höchstens Jahren) hat nun begonnen, die Paläontologie zu beeinflussen, die Verwalterin der größten Dimension überhaupt – der drei Milliarden Jahre langen Geschichte des Lebens. In Essay 16 erläutere ich, wie eine ökologische Theorie, die eine Verbindung zwischen organischer Vielfalt und bewohnbarem Raum gestellt, möglicherweise das Problem des großen Sterbens im Perm erklärt hat. Hier möchte ich darstellen, wie eine andere ökologische Theorie über das Verhältnis zwischen Vielfalt und Verfolgung einen wesentlichen Hinweis zu geben vermag, um das zweitgrößte Dilemma der Paläontologie zu lösen: die kambrische »Explosion« des Lebens.

Vor etwa 600 Millionen Jahren, zu Beginn der von Geologen so benannten kambrischen Periode, traten in einer kurzen Spanne von ein paar Millionen Jahren die meisten von den Hauptstämmen der wirbellosen Tiere in Erscheinung. Was geschah in den vorangehenden

vier Milliarden Jahren der Erdgeschichte? Was mag es gewesen sein, das in der frühen kambrischen Welt einen solchen Ausbruch evolutionärer Tätigkeit in Gang setzte?

Diese Fragen haben die Paläontologen verwirrt, seit vor über einem Jahrhundert die evolutionäre Ansicht sich durchsetzte. Denn obwohl die Darwinsche Theorie plötzliche Evolutionsschübe und gewaltige Wellen der Auslöschung nicht ausschließt, veranlaßt uns eine tiefverwurzelte Neigung des westlichen Denkens, nach Kontinuität und abgestuften Wandel zu suchen: *natura non facit saltum* (»die Natur macht keine Sprünge«), wie die älteren Naturforscher verkündeten. Charles Darwin war von der kambrischen Explosion so verstört, daß er in der letzten Auflage seiner *Entstehung der Arten* schrieb: »Gegenwärtig muß der Fall unerklärlich bleiben; und er kann sogar mit Recht als Argument gegen die hier dargestellten Ansichten verwendet werden.« Tatsächlich war die Lage zu Darwins Zeiten noch wesentlich schlimmer. Damals hatte sich noch kein einziges präkambrisches Fossil gefunden, und die kambrische Explosion komplexer wirbelloser Tiere war überhaupt der früheste Beweis für ein Leben auf der Erde. Wenn so viele Gestalten des Lebens zur gleichen Zeit und mit so hoher uranfänglicher Komplexität hervortraten, konnte man dann nicht die These vertreten, Gott habe den Beginn des Kambriums als seinen Augenblick (oder seine sechs Tage) der Schöpfung erwählt?

Zum Teil läßt sich Darwins Schwierigkeit heute umgehen. Wir haben jetzt Spuren von präkambrischem Leben, die sich mehr als drei Milliarden Jahre zurück erstrecken. Fossile Bakterien und grünblaue Algen sind an verschiedenen Orten in Gesteinen entdeckt worden, deren Alter auf zwei bis drei Milliarden Jahre datierbar ist.

Dennoch beseitigen diese aufregenden Funde der präkambrischen Paläontologie nicht das Problem der kambrischen Explosion, denn es handelt sich nur um Bakterien und grünblaue Algen (vgl. Essay 13) und einige höhere Pflanzen wie grüne Algen. Die Evolution komplexer Metazoen (mehrzellige Tiere) erscheint so plötzlich wie zuvor. (In Ediacra in Australien wurde eine einzige präkambrische Fauna gefunden. Dazu gehören einige Verwandte der heutigen Fächerkorallen, der Quallen, wurmartige Geschöpfe, Gliederfüßler und zwei kryptische Gestalten, die nichts gegenwärtig Bekanntem ähneln. Aber die Gesteine von Ediacra liegen unmittelbar unter der Basis des Kambriums und können nur ganz am Rande als präkambrisch bezeichnet werden. Einige wenige isolierte Funde aus den verschiedensten Weltgegenden können ebenfalls nur gerade eben als präkambrisch definiert werden.) Eigentlich hat sich das Problem sogar verschärft,

denn die ausgiebige Erforschung präkambrischer Gesteine zerstört das beliebte alte Argument, es müsse darin komplexe Metazoen geben, und wir hätten sie nur noch nicht gefunden.

Die Argumentation des vorigen Jahrhunderts hat nur zwei grundlegende Strategien für eine wissenschaftliche Erklärung der kambrischen Explosion hervorgebracht.

Zunächst können wir sagen, daß es sich um einen täuschenden Schein handelt. Die Evolution lief in Wirklichkeit langsam und schrittweise ab, wie die westliche Vorstellungskonvention es erfordert. Die sogenannte Explosion bezeichnet nur das erste Auftauchen fossiler Spuren von Geschöpfen, die während eines großen Teils des Präkambriums bereits lebten und sich entwickelten. Aber was verhinderte die Fossilbildung einer solchen reichhaltigen Fauna? Hier gibt es eine Reihe von Vorschlägen, die von absurden ad-hoc-Erklärungen bis zu höchst plausiblen Annahmen reichen. Um nur einige zu zitieren:

1. Das Kambrium stellt die ersten erhaltenen unveränderten Gesteinsbildungen dar: präkambrische Ablagerungen sind derart Hitze und Druck ausgesetzt gewesen, daß ihre fossilen Reste zerstört wurden. Dies ist zweifellos empirisch falsch.

2. Das Leben entwickelte sich in Binnenseen. Das Kambrium stellt die Wanderung dieser Fauna ins Meer dar.

3. Alle frühen Metazoen bestanden aus Weichteilen. Das Kambrium stellt die Evolution der fossilbildenden harten Teile dar.

Die Beliebtheit dieser ersten Strategie ist zusammengestürzt, nachdem reiche präkambrische Fossilablagerungen entdeckt wurden, die nichts Komplexeres als Algen enthalten. Nichtsdestoweniger könnte das Argument, das sich auf den Mangel an harten Teilen stützt, ein Element der Wahrheit enthalten, obwohl es keine vollständige Antwort gibt. Eine Muschel ohne Schale ist kein lebensfähiges Tier: man kann nicht einfach einen aus Weichteilen bestehenden Organismus bekleiden, um eins daraus zu machen. Die komplizierten Kiemen und die komplexe Muskulatur entwickelten sich offenkundig in Verknüpfung mit einem harten äußeren Schutz. Harte Teile erfordern häufig eine gleichzeitige und vielseitige Modifizierung jedes vorstellbaren Vorfahren aus Weichteilen; ihr plötzliches Auftauchen im Kambrium impliziert daher eine wirklich rasche Evolution des Tiers, das sie bedecken.

Als zweite Strategie können wir behaupten, daß die kambrische Explosion tatsächlich ein Ereignis ist, welches die extrem schnelle Evolution der Komplexität darstellt. Irgend etwas muß der Umwelt der einfachen, aus Weichteilen bestehenden Vorgänger der kambri-

schen Metazoen widerfahren sein, um einen so raschen Ausbruch der Evolution zu erzeugen. Wir haben nur zwei Möglichkeiten, die einander überschneiden: Veränderung in der physikalischen oder in der biologischen Umwelt.

Lloyd V. Berkner und Lauriston C. Marshall, zwei Physiker aus Dallas, veröffentlichten 1965 einen berühmten Artikel mit der These, daß die Sauerstoffmengen in der Erdatmosphäre einen direkten physikalischen Einfluß auf die kambrische Explosion des Lebens ausübten. Die Geologen sind sich darüber einig, daß die Atmosphäre der Erde ursprünglich wenig oder keinen freien Sauerstoff enthielt. Der Sauerstoff wurde nach und nach aufgebaut, als Ergebnis organischer Tätigkeit, nämlich der Photosynthese der präkambrischen Algen. Metazoen brauchen aus zwei Gründen große Mengen an Sauerstoff: direkt zum Atmen; und indirekt, weil Sauerstoff in der Form von Ozon gefährliche ultraviolette Strahlungen in der oberen Atmosphäre absorbiert, bevor sie das Leben auf der Erdoberfläche erreichen. Berkner und Marshall nahmen einfach an, zu Beginn des Kambriums habe der Sauerstoff in der Atmosphäre zum ersten Mal zum Atmen und zum Schutz gegen gefährliche Strahlung ausgereicht. Aber diese einleuchtende Konzeption entspricht nicht den geologischen Tatsachen. Vermutlich gab es schon vor zweieinhalb Milliarden Jahren seit einiger Zeit photosynthetisierende Organismen in Hülle und Fülle. Läßt sich einsehen, daß zwei Milliarden Jahre erforderlich waren, um genug Sauerstoff zum Atmen aufzubauen? Überdies enthalten viele umfangreiche Ablagerungen, die ein oder zwei Milliarden Jahre alt sind, große Mengen an stark oxydiertem Gestein. Berkners und Marshalls Hypothese verkörpert eine Haltung, die unter Nichtbiologen nur allzu häufig vorkommt, weil es ihnen an Verständnis für jene Komplexität mangelt, aufgrund derer eine Maschine ein recht klägliches Modell für den lebendigen Organismus ist. Physikalische Modelle benutzen oft einfache, inerte Objekte wie Billardkugeln, die automatisch auf die Einwirkung physikalischer Kräfte reagieren. Aber so leicht läßt sich ein Organismus nicht anstupsen; und ganz gewiß ist Evolution kein automatischer Mechanismus. Berkners und Marshalls Hypothese ergibt sich aus einem Billardkugel-Denken, das ich »Physikalismus« nenne – Metazoen entstehen unmittelbar und automatisch, wenn eine physikalische Behinderung ihrer Existenz entfernt wird. Indessen garantiert die Existenz von ausreichenden Mengen an Sauerstoff keineswegs die sofortige Evolution aller Wesen, die ihn atmen können. Sauerstoff ist eine erforderliche, aber auch nicht im Traum hinreichende Bedingung

für die Evolution von Metazoen. Wahrscheinlich existierte bereits eine Milliarde Jahre vor dem Kambrium genügend Sauerstoff. Vielleicht sollten wir also nach biologischen Kontrollmechanismen suchen.

Steven M. Stanley von der Johns-Hopkins-Universität hat kürzlich die These aufgestellt, daß eine bekannte ökologische Theorie – das »Abweideprinzip« – eine solche biologische Kontrolle darstellen könnte (*Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1973). Der große Geologe Charles Lyell meinte, eine wissenschaftliche Hypothese sei dann elegant und aufregend, wenn sie dem gesunden Menschenverstand widerspreche. Das Abweideprinzip beruht auf eben einer solchen gegenintuitiven Vorstellung. Bei der Erwägung der Ursachen der organischen Vielfalt könnten wir erwarten, daß die Einführung eines »Abernters« (pflanzen- oder fleischfressend) die Anzahl der Arten in einem gegebenen Areal verringern würde: Wenn ein Tier die Nahrung in einer zuvor jungfräulichen Gegend abfrißt, sollte man schließlich meinen, daß es die Vielfalt verkleinert und einige seltene Arten gänzlich ausrottet.

Eine Untersuchung der Distribution von Organismen erfordert jedoch die entgegengesetzte Erwartung. In Gemeinschaften von primären Produzenten (Organismen, die durch Photosynthese ihre eigenen Nährstoffe produzieren und sich nicht von anderen ernähren) erweisen sich eine oder einige wenige Arten im Wettbewerb als überlegen und monopolisieren den vorhandenen Raum. Solche Gemeinschaften mögen über eine gewaltige Biomasse verfügen, aber in der Anzahl der Arten sind sie gewöhnlich verarmt. Ein Pflanzenfresser aber neigt in einem solchen System dazu, sich von den reichlich vorhandenen Arten zu ernähren, begrenzt damit ihre Fähigkeit zur Dominanz und schafft Raum für andere Arten. Ein wohlentwickelter Pflanzenfresser dezimiert seine Lieblingsnahrung ohne sie auszurotten (da er sich sonst bis zum Verhungern durchfressen würde). Ein wohlabgeweidetes Ökosystem verfügt über maximale Diversität, mit vielen Arten und wenigen Individuen jeder Art. Anders ausgedrückt, die Einführung einer neuen Ebene in der ökologischen Pyramide tendiert dazu, die darunter liegende Ebene zu verbreitern.

Das Abweideprinzip wird von zahlreichen Feldstudien belegt: Wenn man Raubfische in einem künstlichen Teich aussetzt, nimmt die Diversität im Zooplankton zu; wenn man die abweidenden Seeigel aus einer vielfältigen Algengemeinschaft entfernt, wird diese Gemeinschaft alsbald von einer einzigen Art dominiert.

Und nun denke man sich die präkambrische Algengemeinschaft, die

zweieinhalb Milliarden Jahre lang bestand. Sie war ausschließlich aus einfachen primären Produzenten zusammengesetzt. Sie wurde nicht abgeweidet und war aus diesem Grund biologisch monoton. Ihre Evolution fand unglaublich langsam statt und erreichte nie eine große Vielfalt, weil der physikalisch vorhandene Raum von wenigen, reichlich vorhandenen Formen monopolisiert wurde. Der Schlüssel zur kambrischen Explosion ist also nach der Argumentation von Stanley die Evolution von pflanzenfressenden Aberntern – einzelligen Protista, die andere Zellen fraßen. Abweider schufen Raum für eine größere Vielfalt an Produzenten, und diese verstärkte Diversität ermöglichte die Evolution von stärker spezialisierten Abweidern. Die ökologische Pyramide brach in ein Wachstum nach beiden Richtungen aus, die unteren Ebenen der Produktion verbreiterten sich durch neue Arten, neue Ebenen von Fleischfressern kamen an der Spitze hinzu. Wie läßt sich eine solche Konzeption beweisen? Das ursprüngliche abweidende Protiston, vielleicht der unbesungene Held der Geschichte des Lebens, ist wahrscheinlich als Fossil nicht erhalten. Es gibt jedoch suggestives indirektes Beweismaterial. Die reichlichsten Produzentengemeinschaften aus dem Präkambrium sind als Stromatolithen erhalten (blaugrüne Algenmatten, die Ablagerungen einfangen und binden). Heutzutage finden sich Stromatolithen nur in feindlichen Umwelten, die fast frei von metazoischen Abweidern sind (hypersaline Lagunen zum Beispiel). Peter Garrett hat festgestellt, daß sich solche Matten in normaler Meeresumwelt nur erhalten, wenn Abernter künstlich entfernt werden. Ihre präkambrische Überfülle spiegelt also mutmaßlich die Abwesenheit von Abweidern wider.

Stanley hat seine Theorie nicht aus empirischen Untersuchungen von präkambrischen Gemeinschaften abgeleitet. Sie ist eine deduktive These, begründet auf einem anerkannten Prinzip der Ökologie, die keiner Tatsache der präkambrischen Welt widerspricht und einigen weiteren Beobachtungen besonders gut zu entsprechen scheint. In einem freimütigen abschließenden Abschnitt gibt Stanley vier Gründe für die Annahme seiner Theorie an: 1. »Sie scheint den uns bekannten Fakten des präkambrischen Lebens gerecht zu werden«, 2. »sie ist eher einfach als komplex oder gezwungen«, 3. »sie ist rein biologisch und vermeidet die ad-hoc-Berufung auf äußere Kontrollinstanzen«, und 4. »sie ist im wesentlichen das Ergebnis einer direkten Deduktion aus einem anerkannten ökologischen Prinzip«.

Solche Rechtfertigungen entsprechen nicht im geringsten den vereinfachenden Vorstellungen vom wissenschaftlichen Fortschritt, wie sie an den meisten Oberschulen gelehrt und in den Medien verbreitet

werden. Stanley beruft sich nicht auf Beweise durch neue Informationen, die durch rigorose Experimente gewonnen worden wären. Sein zweites Kriterium ist eine methodologische Annahme, das dritte eine philosophische Vorliebe, das vierte besteht in der Anwendung vorgängiger Theorie. Allein seine erste Begründung scheint den präkambrischen Fakten einige Referenz zu erweisen, und auch diese sagt nur vorsichtig, die Theorie werde dem bisher Bekannten »gerecht« (das tun schließlich auch viele andere Theorien).

Aber genau darin besteht das schöpferische Denken in der Naturwissenschaft – keineswegs in einer mechanischen Faktensammlung und Induktion von Theorien, sondern in einem komplexen Prozeß, der Intuition und Vorlieben sowie Einsichten aus anderen Bereichen einbezieht. Im besten Falle schaltet die Naturwissenschaft menschliche Urteilskraft und Imagination in alle ihre Verfahrensweisen ein. Sie wird schließlich (auch wenn wir das manchmal vergessen) von Menschen praktiziert.

15 Ist die kambrische Explosion eine täuschend sigmoide Freude?

Roderick Murchison gab unter dem Einfluß seiner Gattin die Freuden der Fuchsjagd um des sublimeren Vergnügens der wissenschaftlichen Forschung willen auf. Einen großen Teil seiner zweiten Laufbahn widmete dieser aristokratische Geologe der Dokumentation der Frühgeschichte des Lebens. Er entdeckte, daß die erste Bevölkerung der Ozeane nicht Schritt für Schritt durch allmähliche Zunahme von immer komplexeren Lebensformen stattfand. Statt dessen schienen die meisten wichtigeren Gruppen gleichzeitig zu einem Zeitpunkt aufzutauchen, den die Geologen heute den Beginn des Kambriums nennen, vor etwa 600 Millionen Jahren. Für Murchison, einen frommen Kreationisten, der in den 1830er Jahren schrieb, konnte diese Epoche nur Gottes anfänglichen Beschluß repräsentieren, die Erde zu bevölkern.

Charles Darwin sah diese Beobachtung mit Schrecken. Gemäß seiner Evolutionstheorie nahm er an, der Ozean habe vor der kambrischen Periode »von Lebewesen wimmeln« müssen. Um die Abwesenheit von Fossilien in den früheren geologischen Schichten zu erklären, stellte er die apologetische Annahme auf, unsere modernen Kontinente hätten während der präkambrischen Zeiten keine Ablagerungen angesammelt, weil sie von klaren Gewässern bedeckt waren. Unsere moderne Ansicht stellt eine Synthese dieser beiden Meinun-

gen dar. Darwin hat natürlich in der Tendenz seiner Überzeugung recht bekommen: das kambrische Leben entstand aus organischen Vorfahren, nicht aus der Hand Gottes. Aber Murchisons grundlegende Beobachtung spiegelt eine biologische Realität wider, nicht die Unvollkommenheit geologischer Beweise: die präkambrischen fossilen Spuren zeigen (mit Ausnahme des allerletzten Endes der Epoche) nichts anderes als zweieinhalb Milliarden Jahre von Bakterien und grünblauen Algen. Das komplexere Leben erschien mit überraschender Geschwindigkeit um den Beginn des Kambriums. (Der Leser möge sich daran erinnern, daß Geologen eine sonderbare Vorstellung von Geschwindigkeit haben. Nach den Standards der Umgangssprache mag es eine langsame Zündschnur sein, die zehn Millionen Jahre lang brennt. Aber zehn Millionen Jahre sind nur ein Vierhundertfünfzigstel der Erdgeschichte, also für den Geologen bloß ein Augenblick.)

Die Paläontologen haben ein langes fruchtloses Jahrhundert mit dem Versuch verbracht, die kambrische »Explosion« zu erklären – den überwältigenden Anstieg der Diversität in den ersten zehn bis zwanzig Millionen Jahren der kambrischen Periode (vgl. Essay 14). Durchgängig nahmen sie an, das verblüffende Ereignis sei die Explosion selbst. So mußte also jede angemessene Theorie erklären, warum das Unterkambrium eine so ungewöhnliche Zeit war: vielleicht weil es zum ersten Mal genügend Sauerstoff in der Atmosphäre zum Atmen gab, oder weil die Erde genügend abgekühlt war, die zuvor für komplexeres Leben zu heiß war (einfache Algen überleben bei wesentlich höheren Temperaturen als komplexere Tiere), oder weil sich die ozeanische Chemie veränderte und das Kalziumkarbonat zur Verfügung stellte, um die zuvor aus Weichteilen bestehenden Tiere mit überdauernden Skeletten zu bekleiden.

Ich habe den Eindruck, daß heute ein grundsätzlicher Einstellungswandel in meiner Disziplin stattfindet. Vielleicht haben wir dies wichtige Problem von der falschen Seite her angesehen. Vielleicht war die Explosion selbst nur das vorhersehbare Ergebnis eines Prozesses, der unaufhaltsam von einem früheren präkambrischen Ereignis in Gang gesetzt wurde. In diesem Falle müßten wir nicht annehmen, daß das untere Kambrium in irgendeiner Weise »etwas Besonderes« war; die Ursache der Explosion wäre in einem früheren Ereignis zu suchen, das die Evolution von komplexem Leben auslöste. Ich habe mich kürzlich davon überzeugen lassen, daß diese Perspektive richtig sein könnte. Das Muster der kambrischen Explosion scheint einem allgemeinen Gesetz des Wachstums zu folgen. Dies Gesetz sagt eine Phase

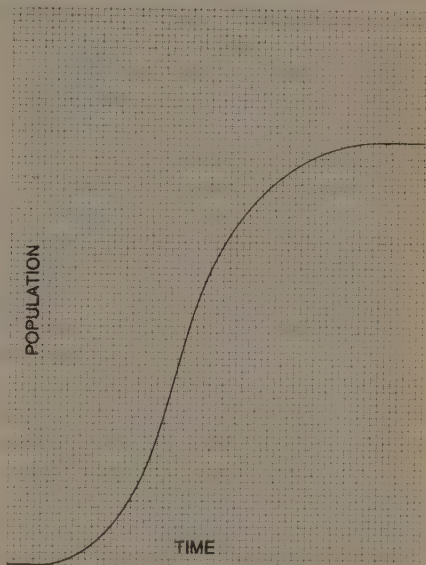
rascher Beschleunigung voraus; die Explosion ist nicht grundlegender (und keiner spezielleren Erklärung bedürftig) als die vorhergehende Periode langsameren Wachstums oder die nachfolgende des Nachlassens. Was auch immer die vorhergehende Periode auslöste, garantierte potentiell auch die spätere Explosion. Zur Unterstützung dieser neuen Perspektive stelle ich zwei Argumente vor, die in einer Quantifizierung fossiler Beweise begründet sind. Ich hoffe, nicht nur diesen besonderen Fall zu erhellen, sondern auch die Rolle zu illustrieren, die die Quantifizierung bei der Erprobung von Hypothesen in Disziplinen spielen kann, die früher eine solche Rigidität scheuten.

Die alltägliche Feldarbeit in der Geologie ist eine mühselige Übung in scheinbar kleinkrämerischer Detailforschung: die Kartographie der Strata; ihre zeitliche Korrelation durch Fossilien und durch physikalische »Superposition« (Jüngeres über Älterem); die Verzeichnung von Gesteinstypen, Größen der Körnung und Umgebungen der Ablagerung. Diese Tätigkeit wird oft von tatendurstigen jungen Theoretikern schmählich verachtet, die sie als phantasielose Ameisenarbeit betrachten. Aber ohne die Grundlage, die solche Daten zur Verfügung stellen, hätten wir keine Wissenschaft. In diesem Falle beruht unsere revidierte Perspektive der kambrischen Explosion auf einer Verfeinerung der unterkambrischen Stratigraphie, die in den letzten Jahren vor allem von sowjetischen Geologen erarbeitet wurde. Das lange untere Kambrium wurde in vier Stadien unterteilt und das erste Auftauchen kambrischer Fossilien mit wesentlich verbesserter Präzision verzeichnet. Wir können jetzt eine Tabelle mit der differenziert unterteilten Abfolge erster Vorkommen aufstellen, wo frühere Stratigraphen nur für alle Gruppen »unteres Kambrium« verzeichnen konnten (und damit die scheinbare Explosion betonten).

J. J. Sepkoski, ein Paläontologe an der Universität Rochester, hat kürzlich festgestellt, daß ein Diagramm der zunehmenden organischen Diversität im Verhältnis zur Zeit vom oberen Präkambrium bis zum Ende der »Explosion« unserem allgemeinsten Wachstumsmodell entspricht – der sogenannten sigmoiden (S-förmigen) Kurve. Man denke an das Wachstum einer typischen Bakterienkolonie in einem zuvor unbewohnten Medium: Jede Zelle teilt sich alle zwanzig Minuten, um zwei Töchter zu bilden. Die Zunahme der Populationsgröße ist anfangs langsam. (Die Rate der Zellteilung ist so hoch wie sie auch weiterhin sein wird, aber die Ausgangszellen sind am Anfang in geringer Zahl vorhanden, und daher nimmt die Population bis zu ihrer explosiven Phase nur langsam zu.) Diese Phase der linearen Beschleunigung bildet das anfängliche, nur langsam ansteigende Segment der

sigmoiden Kurve. Die Phase der logarithmischen Beschleunigung folgt, wenn jede Zelle einer bereits beträchtlichen Bevölkerung alle zwanzig Minuten zwei fruchtbare Töchter produziert. Natürlich kann sich dieser Prozeß nicht unbegrenzt fortsetzen: eine gar nicht so ferne Extrapolation würde das ganze Universum mit Bakterien anfüllen. Die Kolonie garantiert jedoch schließlich ihre eigene Stabilität (oder ihr Ende) durch die Ausfüllung des Raums, den Verzehr ihrer Nahrung, die Verschmutzung ihres Nests mit Abfallprodukten und so weiter. Dies Nachlassen der Zunahme beendet die logarithmische Phase und vervollständigt das S der sigmoiden Distribution.

Ein weites Feld liegt zwischen den Bakterien und der Evolution des Lebens, aber sigmoides Wachstum ist eine allgemeine Eigenschaft gewisser Systeme, und die Analogie scheint in diesem Falle angemessen zu sein. Für Zellteilung muß man Artentstehung einsetzen, für das Pilzsubstrat des Laboratoriums die Ozeane. Die lineare Phase des Lebens ist der langsame, anfängliche Anstieg im oberen Präkam-



Eine typische sigmoide (S-förmige) Kurve. Man beachte den langsamen Beginn (Phase der linearen Beschleunigung), die mittlere Periode raschen Wachstums (Phase der logarithmischen Beschleunigung) und die Abflachung am Ende.

brium. (Wir kennen heute eine bescheidene Fauna aus dem spätesten Präkambrium – vor allem Hohltiere, also weiche Korallen und Quallen, sowie Würmer.) Die berühmte kambrische Explosion ist nichts anderes als die logarithmische Phase dieses kontinuierlichen Prozesses, während das postkambrische Nachlassen die anfängliche ökologische Rollenverteilung in den Ozeanen der Welt darstellt (das Leben auf der Erde entwickelte sich erst später).

Wenn die Gesetze des sigmoiden Wachstums die frühe Diversifikation des Lebens regelten, ist die kambrische Explosion gar nichts Besonderes. Sie ist einfach die logarithmische Phase eines von zwei Faktoren bestimmten Prozesses: 1. von dem Ereignis, das die lineare Phase noch in präkambrischen Zeiten einleitete, und 2. von den Umwelteigenschaften, die ein sigmoides Wachstum ermöglichten.

Wie der Paläontologe S. M. Stanley von der Johns-Hopkins-Universität in einem kürzlich erschienenen Überblick schrieb (*American Journal of Science*, 1976): »Wir können die überlieferte Anschauung aufgeben, daß die Ursprünge der vielfältigen Fossilien zu Beginn der kambrischen Periode... ein besonderes Rätsel darstellen. Was als »kambrisches Problem« übrigbleibt, ist die Verzögerung in der Entstehung der Vielzelligkeit bis zu dem Zeitpunkt, als die Erde fast vier Milliarden Jahre alt war.« Wir können also ein kambrisches Problem leugnen, indem wir es auf ein früheres Ereignis zurück verschieben, aber Wesen und Ursache dieser früheren Episode bleibt das Rätsel der paläontologischen Rätsel. Der späte Ursprung der eukaryotischen Zelle im Präkambrium muß eine wesentliche Determinante sein. (In Essay 13 stelle ich die These auf, daß eine wirksame sexuelle Fortpflanzung eukaryotische Zellen mit diskreten Chromosomen erforderte, und daß komplexe Organismen nicht ohne die genetische Variabilität entstehen konnten, welche die geschlechtliche Reproduktion mit sich bringt.) Aber wir haben nicht die geringste Ahnung, warum zwei Milliarden Jahre nach der Entstehung der prokaryotischen Vorfahren die eukaryotischen Zellen auftraten. In Essay 14 habe ich Stanleys »Abweide«-These unterstützt, um den Anfang der sigmoiden Zunahme zu erklären, die auf die Evolution der eukaryotischen Zelle folgte. Stanley nimmt an, die präkambrischen prokaryotischen Algen hätten allen verfügbaren Platz in ihrem potentiellen Lebensraum in Anspruch genommen und damit die Evolution von irgend etwas Komplexerem verhindert, indem sie keinem Mitbewerber erlaubten, Fuß zu fassen. Der erste eukaryotische Pflanzenfresser schuf im Laufe seines begierigen, unablässigen Schmauses genug Raum für die Evolution von Mitbewerbern.

Die Spekulation mag faszinierend sein, aber wir können über meinen ersten Faktor wenig Konkretes sagen – die Ursache, die das sigmoide Wachstum in Gang setzte. Das können wir schon eher über den zweiten Faktor – die Art der Umwelt, die jenes Wachstum erlaubte. Sigmoides Wachstum ist keine universale Eigenschaft natürlicher Systeme; es kommt nur in einer einzigen Art von Umwelt vor. Unsere Laboratoriumsbakterien hätten sich nicht in einer S-Kurve vermehrt, wenn ihr Medium bereits dicht bevölkert gewesen wäre, oder wenn es keine Nährstoffe enthalten hätte. Sigmoide Muster treten nur in offenen, unbeschränkten Systemen auf, wo Nahrung und Raum in solcher Fülle vorhanden sind, daß die Organismen wachsen können, bis ihre eigene Anzahl die weitere Vermehrung begrenzt. Zweifellos bildete der präkambrische Ozean ein solches »leeres« Ökosystem – massenhaft Raum, reichlich Nahrung und keine Konkurrenten. (Die frühen Eukaryoten konnten ihren prokaryotischen Vorfahren nicht nur für die unmittelbare Versorgung mit Futter, sondern auch für eine frühere Dienstleistung danken, nämlich durch Photosynthese hinreichend Sauerstoff in der Atmosphäre zur Verfügung zu stellen.) Die sigmoide Kurve – mit der kambrischen Explosion als mittlerer Phase – stellt die erste Auffüllung der Ozeane der Welt dar, ein vorhersehbares Muster der Evolution in einem offenen Ökosystem.

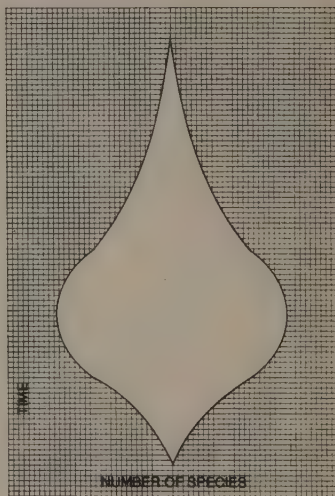
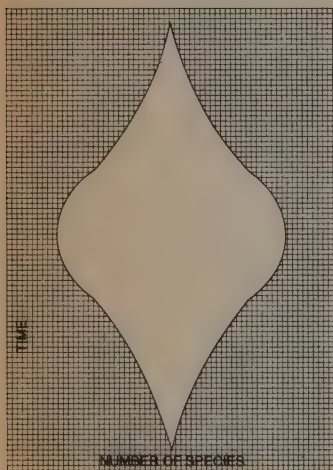
Die Tiere, die sich während der explosiven Phase entwickelten, mußten andere Evolutionsmuster zeigen als jene, die später unter der Herrschaft eines sich selbst regulierenden Gleichgewichts auftraten. Ein großer Teil meiner eigenen Forschung war in den letzten beiden Jahren der Definition dieser Unterschiede gewidmet. Meine Kollegen (T. J. M. Schopf an der Universität Chicago, D. M. Raup und J. J. Sepkoski an der Universität Rochester und D. S. Simberloff an der Florida-State-Universität) und ich haben Modelle von Evolutionsbäumen als Wahrscheinlichkeitsprozeß aufgestellt. Nachdem wir einen Baum »gezüchtet« haben, teilen wir ihn in seine wichtigsten »Kladien« ein und betrachten die Geschichte einer jeden Kladie (nach dem griechischen »klados«, das heißt »Trieb, Schößling«) durch die Zeit. Wir bilden jede Kladie als sogenanntes Spindeldiagramm ab. Spindeldiagramme werden auf folgende Weise konstruiert: Man zählt einfach die Anzahl der Arten, die in jedem Zeitabschnitt existieren, und variiert die Weite des Diagramms gemäß dieser Zahl.

Dann messen wir verschiedene Eigenschaften dieser Diagramme. Ein Maß, das C. G. genannt wird, definiert die Lage des Schwerpunktes (ungefähr die Stelle, wo die Kladie am breitesten, also am vielfältigsten ist). Wenn diese Stelle maximaler Vielfalt in der Mitte der

Lebensdauer der Kladie liegt, geben wir dem C. G. den Wert von 0,5 (die Hälfte der gesamten Existenz der Kladie). Wenn eine Kladie ihre größte Diversität von ihrer Mitte erreicht, hat sie ein C. G. von weniger als 0,5.

In unserem Wahrscheinlichkeitssystem liegt das C. G. stets nahe bei 0,5 – die Ideal-Kladie ist ein Rombus, der in der Mitte am breitesten ist. Aber unsere Wahrscheinlichkeitswelt ist die eines vollkommenen Gleichgewichts. Keine explosiven Phasen sigmoiden Wachstums sind zugelassen; eine konstante Anzahl von Arten durch die Zeit hindurch wird aufrechterhalten, da die Raten des Aussterbens den Raten der Entstehung entsprechen.

Einen großen Teil des Jahres 1975 habe ich damit verbracht, fossile Gattungen zu zählen und ihre Lebensdauer zu verzeichnen, um Spindeldiagramme für tatsächliche Kladien zu konstruieren. Ich verfüge jetzt über mehr als vierhundert Kladien für Gruppen, die in der Zeit nach der Phase logarithmischer Beschleunigung im Kambrium entstanden und ausstarben. Ihr niedrigster Wert ist 0,4993 – etwas



Spindeldiagramme. Das linke Diagramm hat einen C. G.-Wert von 0,5 (am breitesten in der Mitte der Dauer); das rechte Diagramm hat einen unter 0,5 liegenden C. G.-Wert.

Näheres an dem 0,5-Wert unserer idealisierten Welt kann man sich kaum wünschen. Ich verfüge über ebensoviele Spindeldiagramme für Kladien, die *während* der logarithmischen Phase entstanden und danach ausstarben. Ihr durchschnittlicher C. G.-Wert liegt signifikant unter 0,5. Sie bezeugen eine atypische Welt zunehmender Vielfalt, und ihre Werte lassen sich benutzen, um sowohl den Zeitpunkt als auch die Stärke der logarithmischen kambrischen Phase zu bestätigen. Ihre Werte liegen unter 0,5, weil sie während einer Zeit rascher Diversifikation entstanden, aber in stabilen Zeiten langsamerer Entstehung und Zerstörung ausstarben. Daher erreichten sie ihre maximale Vielfalt früh in ihrer Geschichte, weil ihre ersten Repräsentanten an einer explosiven Phase uneingeschränkten Wachstums teilhatten, aber sie starben in der darauf folgenden stabileren Welt langsamer aus.

Eine quantitative Methode hat uns auf zwei Arten geholfen, die kambrische Explosion zu verstehen. Zunächst können wir ihren Charakter sigmoiden Wachstums erkennen und ihre Ursache in einem früheren Ereignis festlegen; damit verschwindet das kambrische Problem als solches. Sodann können wir den Zeitraum und die Intensität der logarithmischen kambrischen Phase definieren, indem wir die Statistik der Spindeldiagramme untersuchen.

Meiner Ansicht nach ist das bemerkenswerteste Ergebnis dieser Übung nicht der niedrige C. G.-Wert der kambrischen Kladien, sondern die Übereinstimmung des C. G.-Wertes von späteren Kladien mit dem idealisierten Modell einer Welt im Gleichgewicht. Kann es sein, daß die Vielfalt des ozeanischen Lebens durch all die Schicksalsfälle einer Erde in Bewegung, durch all die Massenausrottungen, die Zusammenstöße von Kontinenten, das Verschwinden und Entstehen von Ozeanen hindurch im Gleichgewicht geblieben ist? Die Phase logarithmischer Beschleunigung im Kambrium füllte die Ozeane der Welt. Seitdem hat die Evolution mit einem begrenzten Satz von grundlegenden Bauplänen unendliche Variation produziert. Das Meeresleben war gewaltig in seiner Vielfalt, genial in seiner Anpassung und (wenn ich mir einen anthropozentrischen Kommentar erlauben darf) wundervoll in seiner Schönheit. Aber in einem wesentlichen Sinne bestand die Evolution seit dem Kambrium bloß in einem Recycling der Grundprodukte ihrer logarithmischen Phase.

Vor etwa 225 Millionen Jahren, am Ende der Permzeit, starb etwa die Hälfte der Familien von Meeresorganismen aus, während der kurzen Spanne von ein paar Millionen Jahren – eine Menge Zeit nach den meisten Maßstäben, für den Geologen freilich nur Minuten.

Dies große Sterben war die wirkungsvollste unter einigen Massenvernichtungen, welche die Evolution des Lebens in den letzten 600 Millionen Jahren gegliedert haben. Den zweiten Platz nimmt die Ausrottung der Kreidezeit ein, vor etwa 70 Millionen Jahren. Sie zerstörte 25 Prozent aller Familien und reinigte die Erde von ihren beherrschenden Landtieren, den Dinosauriern und ihrer Verwandtschaft – und bereitete damit die Bühne für den beherrschenden Auftritt der Säugetiere und schließlich die Evolution des Menschen vor.

Kein Problem der Paläontologie hat mehr Aufmerksamkeit gefunden, aber auch mehr Frustration mit sich gebracht als die Suche nach Ursachen für diese Ausrottungen. Der Katalog der Vorschläge würde ein Telefonbuch von Manhattan füllen und fast alle nur denkbaren Ursachen enthalten: Gebirgsbildung in weltweitem Ausmaß, Verschiebungen in der Höhe des Meeresspiegels, Abnahme des Salzgehaltes im Meerwasser, Supernovae, heftige Änderungen in der kosmischen Strahlung, Seuchen, Begrenzungen des Lebensraums, abrupte Klimaveränderungen und so weiter. Auch der öffentlichen Aufmerksamkeit ist das Problem nicht entgangen. Ich erinnere mich gut, wie ich im Alter von fünf Jahren zum ersten Mal damit konfrontiert wurde: Zum Klang von Stravinskys *Sacre du Printemps* keuchten die Dinosaurier in Walt Disneys *Fantasia* in einer austrocknenden Landschaft auf ihren Tod zu.

Da die Ausrottung im Perm alle anderen in den Schatten stellt, stand sie lange Zeit im Mittelpunkt des Interesses. Wenn wir dies größte Sterben erklären könnten, gewännen wir damit vielleicht einen Schlüssel zum Verständnis der Massenauslöschungen überhaupt.

In den letzten zehn Jahren sind wichtige Fortschritte in der Geologie wie in der Evolutionsbiologie zusammengekommen und haben eine glaubhafte Antwort zur Verfügung gestellt. Diese Lösung hat sich so langsam entwickelt, daß die meisten Paläontologen noch kaum zur Kenntnis genommen haben, das ihr ältestes und tiefstes Dilemma geklärt ist.

Noch vor zehn Jahren glaubten die Geologen im allgemeinen, die Kontinente seien da entstanden, wo sie sich befinden. Große Blöcke



Die Dinosaurier in Walt Disneys »Fantasia« keuchen in einer austrocknenden Landschaft auf ihr Aussterben zu. (© 1940 Walt Disney Production)

von Land mochten sich wohl erheben oder versinken, Kontinente mochten »wachsen«, wenn Gebirgsketten an ihren Grenzen sich heben, aber Kontinente wanderten nicht auf der Erdoberfläche umher – ihre Stellung war ein für allemal festgelegt. Eine alternative Theorie, die der Kontinentalverschiebung, war schon Anfang des Jahrhunderts aufgestellt worden, wurde aber mangels eines plausiblen Mechanismus für die Bewegung von Kontinenten fast von allen Forschern abgelehnt.

Heute haben Untersuchungen des Meeresbodens in der Theorie der Plattentektonik einen Mechanismus vorstellbar gemacht. Die Erdoberfläche ist in eine kleine Anzahl von Platten aufgeteilt, begrenzt von Furchen und Subduktionszonen. An den Furchen entsteht neuer Meeresboden, wenn ältere Teile der Platten weggedrückt werden. Zum Ausgleich für diese Zunahme werden alte Teile von Platten in den Subduktionszonen ins Erdinnere hineingezogen.

Die Kontinente ruhen passiv auf den Platten; sie »pflügen« nicht etwa durch festen Meeresboden, wie frühere Theorien annahmen. Also ist die Kontinentalverschiebung nur eine Folge der Plattentektonik. Zu den weiteren wesentlichen Folgen gehören Erdbeben an den Plattenrändern (etwa an der San-Andreas-Verwerfung, die über San Francisco führt) und Gebirgsketten an Stellen, wo zwei Platten, die Kontinente tragen, zusammenstoßen (der Himalaya, der entstand, als das indische »Floß« an Asien stieß).

Wenn wir die Geschichte der Kontinentalbewegungen rekonstruieren, gewahren wir, daß am Ende der Permzeit ein einzigartiges

Ereignis stattfand: alle Kontinente vereinigten sich, um den einzigen Superkontinent Pangäa zu bilden.

Und die Folgen dieser Vereinigung sind es einfach, die das große Sterben im Perm verursachten.

Aber welche Folgen und warum? Eine solche Fusion von Fragmenten mußte eine Vielfalt von Ergebnissen bedingen, von Änderungen des Wetters und der Meeresströmungen bis zur Interaktion zwischen vorher getrennten Ökosystemen. Hier müssen wir uns nach Fortschritten in der Evolutionsbiologie umsehen – in der theoretischen Ökologie und unseren neuen Erkenntnissen über die Vielfalt der Formen von Leben.

Nach einigen Dekaden hochgradig deskriptiver und wenig theoretischer Arbeit wurde die Wissenschaft der Ökologie von quantitativen Ansätzen belebt, die auf eine allgemeine Theorie der organischen Diversität abzielen. Wir gewinnen allmählich ein besseres Verständnis der Einflüsse verschiedener Umweltfaktoren auf den Reichtum und die Distribution des Lebens. Viele neue Studien legen nahe, daß die Vielfalt – die Anzahl verschiedener Arten in einem gegebenen Gebiet – von der Menge an bewohnbarem Raum selbst stark beeinflußt, wenn nicht sogar zu einem hohen Maße kontrolliert wird. Wenn wir zum Beispiel die Menge von Ameisenarten zählen, die auf jeder Insel einer Gruppe leben, welche sich allein durch die Größe unterscheiden (und ansonsten in Eigenschaften wie Klima, Vegetation und Entfernung vom Festland gleich sind), finden wir im allgemeinen, daß die Anzahl der Arten um so höher ist, je größer die Insel ist.

Es ist ein weiter Weg von den Ameisen auf tropischen Inseln zu den gesamten Meereslebewesen in der Permzeit. Aber wir haben gute Gründe für die Annahme, daß die Menge des Raums eine wesentliche Rolle im großen Sterben gespielt hat. Wenn wir die organische Vielfalt und den verfügbaren Raum zu verschiedenen Zeiten des Perm (als die Kontinente sich vereinigten) abschätzen können, läßt sich die Hypothese einer Kontrolle durch das Areal überprüfen.

Zunächst müssen wir zwei Fakten an der Ausrottung im Perm und an der fossilen Überlieferung überhaupt begreifen. Zunächst, die große Auslöschung im Perm betraf nur die Organismen im Meer. Die relativ wenigen Landpflanzen und Wirbeltiere, die damals lebten, wurden nicht so heftig gestört. Zweitens, die Fossilbildung neigt stark dazu, Meerestiere des flachen Wassers aufzubewahren. Wir besitzen fast gar keine Fossilien von Organismen, die die Tiefen des Ozeans bewohnen. Wenn wir also die Theorie überprüfen wollen, nach der ein reduzierter Lebensraum eine wesentliche Rolle bei der Ausrottung im

Perm spielte, müssen wir uns das Gebiet ansehen, das von flachem Wasser eingenommen wurde.

Auf qualitative Weise können wir zwei Gründe feststellen, warum eine Vereinigung der Kontinente die Gebiete flachen Wassers drastisch reduzieren mußte. Der erste stammt aus den Anfangsgründen der Geometrie: Wenn jede einzelne Landmasse in der Zeit vor dem Perm vollständig von flachem Meer umgeben war, mußte ihre Vereinigung alle derartigen Gebiete an den Nähten eliminieren. Man mache ein einziges Viereck aus vier Leibnizkeksen, und siehe – die Peripherie ist auf die Hälfte reduziert. Der zweite Grund hat mit dem Mechanismus der Plattentektonik zu tun. Wenn Furchen im Ozean aktiv neuen Meeresboden produzieren, stehen diese Grate hoch über den tiefsten Teilen des Ozeans. Dadurch wird Wasser aus den Meeresbecken verdrängt, auf der ganzen Welt steigt der Meeresspiegel, und die Kontinente werden teilweise überschwemmt. Umgekehrt, wenn diese Vermehrung nachläßt oder aufhört, sinken die Grate zusammen, und der Meeresspiegel sinkt.

Als die Kontinente im späten Perm zusammenstießen, »schlossen sich« die Platten zusammen. Dies schob weiterer Vermehrung des Meeresbodens einen Riegel vor. Die Grate im Ozean sanken zusammen, und das flache Wasser zog sich von den Kontinenten zurück. Die drastische Verringerung flachen Wassers wurde nicht von einem Sinken des Meeresspiegels als solchem verursacht, sondern eher von der Gestaltung des Meeresbodens, über dem der Wasserspiegel sank. Der Meeresboden fällt nicht gleichmäßig vom Ufer bis zu den Meerestiefen ab. Die heutigen Kontinente werden im allgemeinen von einem breiten Festlandsockel mit dauerhaft flachem Wasser umgeben. Seewärts von diesem Sockel liegt die Kontinentalböschung, die wesentlich steiler ist. Wenn der Meeresspiegel so stark fiel, daß der gesamte Festlandsockel freigelegt würde, müßten die meisten Gegenden der Welt mit flachem Wasser verschwinden. Und das mag sehr wohl im späten Perm geschehen sein.

Thomas Schopf von der Universität Chicago hat kürzlich diese Hypothese von der Ausrottung durch Gebietsverkleinerung überprüft. Er untersuchte die Verteilung von flachem Wasser und Landgestein, um die Kontinentgrenzen und die Menge an flachem Wasser für verschiedene Zeitpunkte während der Vereinigung der Kontinente zu berechnen. Dann zählte er mittels eines erschöpfenden Überblicks über die paläontologische Literatur die Menge verschiedener Sorten von Organismen zu eben diesen Zeitpunkten. Daniel Simberloff von der Florida-State-Universität konnte dann zeigen, daß die mathema-

tische Standardgleichung für das Verhältnis von Artenzahl und Gebietsgröße diesen Daten sehr gut entspricht. Überdies wies Schopf nach, daß die Ausrottung nicht verschiedene Gruppen in unterschiedlichem Maße betraf; ihre Ergebnisse waren auf alle Bewohner von flachem Wasser gleichmäßig verteilt. Mit anderen Worten, wir brauchen nicht nach einem spezifischen Grund zu suchen, der mit den Eigenheiten bestimmter Gruppen von Lebewesen verknüpft wäre. Der Effekt war allgemein. Als flache Meeresgebiete verschwanden, fehlte es dem reichen Ökosystem des unteren Perm an Raum, alle seine Mitglieder zu tragen. Der Beutel wurde kleiner, und die Hälfte der Murmeln mußte ausgeschieden werden.

Die Gebietsgröße allein ist natürlich nicht die vollständige Antwort. Ein so gewaltiges Ereignis wie der Zusammenschluß aller Kontinente zu einem einzigen muß weitere Folgen mit sich gebracht haben, welche das zerbrechliche Gleichgewicht im Ökosystem der frühen Permzeit beeinflussten. Aber Schopf und Simberloff haben einen überzeugenden Beweis dafür erbracht, daß dem grundlegenden Faktor des Raums eine entscheidende Rolle zuzuschreiben ist.

Dankenswert ist es, daß die Antwort auf ein außergewöhnliches Dilemma der Paläontologie als Nebenprodukt aus den aufregenden Fortschritten in zwei verwandten Disziplinen entstanden ist – der Ökologie und der Geologie. Wenn sich ein Problem seit über hundert Jahren nicht lösen ließ, dürfte es kaum darum gehen, auf die alte Art und unter den alten Rubriken immer mehr Daten zu sammeln. Die theoretische Ökologie hat es uns möglich gemacht, die richtigen Fragen zu stellen, und die Plattentektonik versah uns mit dem richtigen Boden, auf dem sie gestellt werden können.

V THEORIEN ÜBER DIE ERDE

17 Der schmutzige kleine Planet von Hochwürden Burnet

»Wir scheinen nicht mehr die gleiche Welt zu bewohnen, wie es unsere Vorväter taten . . . Um einen Menschen zufrieden zu machen, müssen zehn arbeiten und Fronarbeit tun . . . Die Erde spendet uns keine Nahrung, es sei denn mittels viel Mühsal und Fleiß . . . Die Luft ist oft unrein und verderblich.«

Dies ist kein moderner Öko-Aktivismus. Das Gefühl stimmt zwar, nicht so der Stil. Es handelt sich vielmehr um die Klage von Hochwürden Thomas Burnet, dem Autor des populärsten geologischen Werkes im 17. Jahrhundert – *The Sacred Theory of the Earth* (»Die heilige Theorie von der Erde«). Seine Worte schildern einen Planeten nach dem Sündenfall, nach dem Verlassen des ursprünglichen Gnadenzustands im Garten Eden, nicht eine Welt, die von zu vielen gierigen Menschen entleert wurde.

Unter den Werken biblischer Geologie ist Burnets *Sacred Theory* zweifellos dasjenige, welches am berühmtesten, aber auch am meisten beschimpft und mißverstanden wurde. Er versuchte darin, eine vernünftige geologische Begründung für alle biblischen Ereignisse, die vergangenen und die zukünftigen, zu geben. Eine vereinfachende, aber verbreitete Ansicht über das Verhältnis zwischen Wissenschaft und Religion besagt nun, sie seien natürliche Gegner, und die Geschichte ihrer Begegnungen zeige den zunehmenden Fortschritt der Wissenschaft auf geistigen Gebieten, die zuvor von der Religion besetzt waren. In diesem Kontext stellt Burnet nichts anderes dar als eine hilflose Hand, die einen zusammenbrechenden Deich zu schützen sucht.

Doch in Wirklichkeit ist das Verhältnis zwischen Religion und Wissenschaft weit komplexer und vielfältiger. Oft hat die Religion die Wissenschaft aktiv ermutigt. Wenn es einen durchgängigen Feind der Wissenschaft gibt, so ist es nicht die Religion, sondern der Irrationalismus. Tatsächlich fiel Burnet, der Geistliche, den selben Kräften zum Opfer, die fast dreihundert Jahre später in Tennessee Scopes, den Lehrer der Naturwissenschaft, verfolgten. Wenn wir Burnets Fall in seiner Zeit und Welt untersuchen, die sich von den unseren so sehr unterscheiden, können wir ein breiteres Verständnis der bis heute wirksamen Kräfte gewinnen, die sich der Wissenschaft entgegenstellen.

Ich möchte zunächst Burnets Theorie skizzieren. Von unserem Stand-

punkt aus wird sie so albern und gezwungen erscheinen, daß uns für Burnet eine Rolle unter den dogmatischen Feinden der Wissenschaft unvermeidlich erscheinen wird. Doch dann werde ich seine Forschungsmethoden untersuchen, um ihn unter die wissenschaftlichen Rationalisten seiner Zeit einzuordnen. Wenn wir auf seine Verfolgung durch die dogmatische Theologie achten, schauen wir nur der Huxley-Wilberforce-Debatte oder der Schöpfungs-Kontroverse in Kalifornien zu, von den gleichen Schauspielern in verändertem Kostüm gespielt.

Burnet begann seine Untersuchung mit der Frage, woher das Wasser der Sintflut kam. Er war davon überzeugt, daß die modernen Ozeane nicht die Gebirge der Erde überschwemmen könnten. Ein Zeitgenosse schrieb: »Ich kann ebensogut glauben, ein Mensch könne in seiner eigenen Spucke ertrinken, wie daß die Erde von dem auf ihr vorhandenen Wasser überflutet werden kann.« Burnet lehnte die Vorstellung ab, Noahs Flut sei ein rein lokales Ereignis gewesen, das von Zeugen, die nicht sehr weit gereist waren, fälschlich ausgedehnt wurde – denn das würde die Autorität der heiligen Schrift untergraben. Aber ebenso energisch lehnte er den Gedanken ab, Gott habe das zusätzliche Wasser als ein Wunder geschaffen – denn das würde der rationalen Welt der Wissenschaft widersprechen. Statt dessen kam er zu folgender Darstellung der Erdgeschichte:

Aus dem Chaos der ursprünglichen Leere trat unsere Erde als vollkommen geordnete Kugel hervor. Ihre Stoffe sortierten sich selbst gemäß ihrer Dichte. Schwere Gesteine und Metalle bildeten einen kugelförmigen Kern im Zentrum, umgeben von einer flüssigen Schicht, die wiederum von einer Kugel aus Schwebstoffen eingehüllt war. Die schwebende Schicht bestand vorwiegend aus Luft, aber auch aus Erdpartikeln. Diese traten als Niederschlag in Erscheinung, um eine vollkommen glatte, unterschiedslose Erde auf der flüssigen Schicht zu bilden.

Auf dieser glatten, sanften Erde fanden die ersten Szenen der Welt statt und die erste Erzeugung der Menschheit; sie hatte die Schönheit der Jugend und der blühenden Natur, frisch und fruchtbringend, und keine Falte, Narbe oder Spalte an ihrem ganzen Körper; keine Felsen oder Berge, keine offenen Höhlen oder klaffenden Kanäle, sondern gleichmäßig und gleichförmig allüberall.

In dieser ursprünglichen Vollkommenheit gab es keine Jahreszeiten, denn die Erdachse stand gerade und aufrecht, und der Garten Eden, bequem in einer mittleren Breite gelegen, erfreute sich eines ewigen Frühlings.

Aber die eigene Evolution der Erde erforderte die Zerstörung dieses irdischen Paradieses, und die trat natürlich genau in dem Augenblick ein, als der Ungehorsam der Menschheit Strafe erforderte. Es gab nur spärliche Regenfälle, und die Erde begann, auszutrocknen und rissig zu werden. Die Sonnenhitze ließ einen Teil des Wassers unter der Oberfläche verdampfen. Es stieg durch die Risse auf, Wolken bildeten sich, der große Regen begann. Aber selbst vierzig Tage und Nächte konnten nicht genug Wasser bringen, mehr noch mußte aus dem Abgrund aufsteigen. Der fallende Regen verschloß die Risse und bildete ein Druckgefäß ohne Ventil, als das verdampfende Wasser von unten nach oben drückte. Der Druck nahm zu, und schließlich zersprang die Oberfläche. Das verursachte Überschwemmungen, Flutwellen, das Zerbrechen und Verschieben der Erdoberfläche, die nun Gebirge und Meeresbecken bildete. Diese Ausbrüche waren so gewaltig, daß sich die Erdachse in ihre jetzige Schrägstellung legte (vgl. Velikovsky – Essay 19). Die Wasser zogen sich schließlich in die Höhlen des Abgrunds zurück und hinterließen »eine gigantische und häßliche Ruine . . . einen zerbrochenen und wirren Haufen von Körpern«. Der Mensch aber war für Eden geschaffen worden, und seine ursprüngliche Lebenszeit von etwa neunhundert Jahren sank auf weniger als ein Zentel davon.

Und so erwarten nach Hochwürden Burnet wir Einwohner eines »schmutzigen kleinen Planeten« seine Verwandlung, die von der Schrift prophezeit ist und aus der planetarischen Physik abgeleitet werden kann. Alle Vulkane der Erde werden auf einmal ausbrechen und eine universale Feuersbrunst verursachen. Das protestantische England mit seinen Kohlereserven (von denen noch die wenigsten abgebaut waren) wird wie rasend brennen, aber ausbrechen wird das Feuer zweifellos in Rom, dem papistischen Sitz des Antichrist. Die Ascheteilchen werden langsam wieder auf die Erde herabsinken und erneut eine vollkommene, relieflose Kugel bilden. Damit wird das tausendjährige Reich Christi beginnen. An dessen Ende werden Gog und Magog zur letzten Schlacht zwischen Gut und Böse erscheinen. Die Heiligen werden in Abrahams Schoß aufsteigen, und die Erde, deren Lauf beendet, wird zum Stern werden.

Unglaublich phantastisch? Sicherlich im Jahre 1981, nicht jedoch 1681. Für seine eigene Zeit war Burnet in Wirklichkeit ein Rationalist, der in einem Zeitalter des Glaubens am Primat von Newtons Welt festhielt. Denn Burnets Hauptziel bestand darin, die Erdgeschichte nicht als Abfolge von Wundern und Launen Gottes wiederzugeben, sondern als natürlichen physikalischen Prozeß. Seine Geschichte mag

märchenhaft klingen, aber ihre Agenten sind die normalen physikalischen Kräfte Austrocknung, Verdunstung, Niederschlag, Verbrennung. Sicherlich glaubte er, daß die Tatsachen der Erdgeschichte unzweideutig in der Schrift enthalten sind, aber sie mußten mit der Wissenschaft übereinstimmen, damit Gottes Wort nicht seinem Werk widersprach. Vernunft und Offenbarung sind zwei unfehlbare Führer zur Wahrheit, aber

es ist ein gefährlich Ding, die Autorität der Schrift in Disputen über die natürliche Welt anzurufen, im Gegensatz zur Vernunft; sonst kann es geschehen, daß die Zeit, die alle Dinge ans Licht bringt, uns entdeckt, es sei augenscheinlich falsch, was wir die Schrift behaupten gemacht hatten.

Überdies ist Burnets Gott nicht der stets eingreifende und Wunder vollbringende Schauspieler des vorwissenschaftlichen Zeitalters, sondern Newtons herrscherlicher Uhrmacher, der, nachdem er die Materie und ihre Gesetze geschaffen hat, der Natur ihren Lauf läßt:

Wir halten den für einen besseren Künstler, der eine Uhr macht, welche aus den Federn und Rädern, die sie in Gang setzt, regelmäßig jede Stunde schlägt, als den, der die Uhr so gemacht hat, daß er jede Stunde Hand anlegen muß, um sie schlagen zu lassen; und wenn jemand ein Stück Uhrwerk so bauen könnte, daß es alle Stunden schlagen und alle seine Bewegungen für eine gewisse Zeit ausführen könnte, und wenn diese Zeit gekommen ist, wenn ein Signal gegeben oder eine Feder berührt wird, aus seiner eigenen Bestimmung in seine Teile zerfallen würde, würde man darauf nicht als auf ein Stück größerer Kunst schauen, als wenn der Handwerker zur vorbestimmten Zeit käme und es mit einem großen Hammer in Stücke schlagen würde?

Ich behaupte natürlich nicht, daß Burnet in irgendeinem modernen Sinne Wissenschaftler war. Er führte keine Experimente durch, er machte keine Beobachtungen an Gesteinen und Fossilien (obwohl einige seiner Zeitgenossen das taten). Er gebrauchte eine Methode »reiner« Vernunft (wir würden sagen, ein Schreibtisch-Denken), und er schrieb gleichermaßen sicher über eine unvorhersehbare Zukunft wie über eine verifizierbare Vergangenheit. Seinem Verfahren folgt auch kein moderner Wissenschaftler, den ich kenne, mit Ausnahme von Immanuel Velikovsky (vgl. Essay 19) – denn Burnet vertraute auf die Wahrheit der Bibel und dachte sich einen physikalischen Mechanismus aus, damit sie eintreffen könnte, gerade wie Velikovsky eine neue planetarische Physik erfand, um die Berichte aller Zeugnisse buchstäblich bewahren zu können.

Aber Burnet war keineswegs eine Säule des theistischen Establishments. Vielmehr bekam er mit seiner heiligen Theorie beträchtlichen Ärger. Im vollen Klang der Inquisition griff der Bischof von Hereford sein Vertrauen in die Vernunft an: »Entweder ist sein Geist zerstört von übermäßiger Liebe zu seiner eigenen Erfindung, oder sein Herz ist verdorben von einem bösen Plan« – will sagen von der Unterwanderung der Kirche. In einer klassischen Ausdrucksweise der Wissenschaftsfeindlichkeit bemerkte ein anderer kirchlicher Kritiker: »Obwohl wir Moses hatten, glaube ich, daß wir auf Elias warten müssen, der uns die wahre philosophische Erklärung der Schöpfung und der Sintflut offenbaren wird.« (Gemeint ist der biblische Prophet, der auf die Erde zurückkehren wird, um die Ankunft des Messias zu verkünden – will sagen, die Wissenschaft kann diese Fragen nicht diskutieren, und um sie zu lösen, müssen wir auf zukünftige Offenbarung warten.) John Keill, ein Mathematiker in Oxford, erklärte, Burnets natürliche Erklärungen seien gefährlich, weil sie den Glauben ermutigten, Gott sei überflüssig.

Nichtdestoweniger hatte Burnet einige Zeit Erfolg. Er wurde Clerk of the Closet am Hofe von Wilhelm III. (Dieser Titel ist nicht ein erfundener Name für einen Latrinenreiniger, sondern eine Bezeichnung für den königlichen Beichtvater – das »closet« war die Kapelle für die Privatgottesdienste des Königs.) Dem Gerücht nach soll er sogar als Nachfolger des Erzbischofs von Canterbury in Erwägung gezogen worden sein. Aber schließlich ging Burnet zu weit. Im Jahre 1692 veröffentlichte er ein Werk, das die allegorische Deutung der sechs Schöpfungstage verfocht – und verlor prompt sein Amt, trotz seiner wortreichen Verteidigung, er habe unwissentlich und unbeabsichtigt gefehlt.

Es waren die Dogmatiker und Antirationalisten, die Burnet schließlich fertig machten, nicht die Theisten (angesehene Atheisten außerhalb des Closet gab es im England des 17. Jahrhunderts nicht). Hundert Jahre später zwangen dieselben Männer Buffon, seine Theorie über das Alter der Erde zurückzuziehen. Hundertfünfzig Jahre nach diesem Ereignis wieder ließen sie einen bombastischen dreifachen Verlierer auf John Scopes los. Heute versuchen sie, unter Nutzung einer liberalen Rhetorik der Gleichberechtigung, die Evolutionstheorie aus den Lehrbüchern der Nation zu vertreiben.

Freilich hat sich auch die Wissenschaft selbst Übergriffe erlaubt. Wir haben Abweichler verfolgt, Zuflucht bei einem Katechismus gesucht und danach gestrebt, unsere Autorität auf eine moralische Sphäre auszudehnen, wo sie machtlos ist. Doch ohne Hingabe an Wissen-

schaft und Rationalität in dem ihr angemessenen Bereich kann es keine Lösung für die Probleme geben, die uns überwältigen. Die Yahoos ruhen noch immer nicht.

18 Gleichförmigkeit und Katastrophe

Die Gideon-Society – als Lieferant spirituellen Trostes für eine mobile Gesellschaft – beharrt darauf, in ihrer Randglosse zu Genesis 1 das Datum der Schöpfung auf 4004 v. Chr. festzulegen. Die Geologen meinen, unser Planet sei mindestens eine Million mal so alt – etwa viereinhalb Milliarden Jahre.

Jede wesentliche Wissenschaft hat mit einer wichtigen Erkenntnis dazu beigetragen, daß wir uns langsam von unserem anfänglichen Glauben an unsere eigene kosmische Relevanz zurückzogen. Die Astronomie definierte unsere Heimat als einen kleinen Planeten in der Ecke einer durchschnittlichen Galaxie unter Millionen anderen; die Biologie nahm uns unseren Status als Musterknaben, die nach dem Bilde Gottes geschaffen wären; die Geologie zeigte uns die riesigen Ausmaße der Zeit und lehrte uns, welch einen kleinen Zeitraum unsere eigene Art darin einnimmt.

Im Jahre 1975 feierten wir den hundertsten Todestag von Charles Lyell, dem überlieferten Helden der geologischen Revolution – »dem Spiegel all dessen, worauf es im geologischen Denken wirklich ankam«, wie einer seiner neueren Biographen schrieb. Die übliche Darstellung von Lyells Erfolgen hört sich folgendermaßen an: Zu Beginn des 19. Jahrhunderts wurde die Geologie von den Anhängern der Katastrophentheorie beherrscht – Apologeten der Theologie, die danach trachteten, die geologischen Zeugnisse in den Rahmen der biblischen Chronologie zu pressen. Zu diesem Zweck stellten sie sich einen grundlegenden Unterschied zwischen dem Modus von Veränderungen in der Vergangenheit und in der Gegenwart vor. Die Gegenwart mag langsam und schrittweise ablaufen, wie Wellen und Flüsse ihr Werk tun; die Ereignisse der Vergangenheit aber waren abrupt und katastrophenartig – denn wie anders ließen sie sich in ein paar tausend Jahren unterbringen? Berge erhoben sich an einem Tag, und plötzlich öffneten sich Schluchten. So setzte der Herr seinen Willen durch, um die Herrschaft der Naturgesetze zu brechen und die Vergangenheit der Sphäre wissenschaftlicher Erklärung zu entziehen. Loren Eisely schreibt: Lyell »betrat das Reich der Geologie, als es eine unheimliche, im Halbschatten liegende Landschaft von gewaltigen Konvulsio-

nen, Fluten sowie übernatürlichen Schöpfungen und Ausrottungen von Leben darstellte. Bedeutende Männer hatten diesen theologischen Phantasien die Macht ihrer Namen geliehen.«

Im Jahre 1830 veröffentlichte Lyell den ersten Band seiner revolutionären *Principles of Geology*. Kühn behauptete er, so lautet die Standardgeschichte, die Zeit sei unbegrenzt. Nachdem er dies fundamentale Hindernis beseitigt hatte, verfocht er eine Theorie des »Aktualismus« – die Lehre, welche die Geologie zur Wissenschaft machte. Naturgesetze sind unveränderlich. Wenn wir hinreichend Zeit haben, brauchen wir nichts anderes als die langsame und stetige Auswirkung gegenwärtiger Ursachen, um das gesamte Panorama der vergangenen Ereignisse hervorzubringen. Die Gegenwart ist der Schlüssel zur Vergangenheit.

Diese Geschichte von Lyells Rolle unterscheidet sich wenig von den meisten Standarderzählungen in der Wissenschaftsgeschichte: sie verfügt über reichlich Inspiration, aber ziemlich wenig Genauigkeit. Als ich vor ein paar Monaten im Magazin der alten Harvard-Bibliothek herumschmökerte, entdeckte ich ein Exemplar von Lyells *Principles of Geology*, das Louis Agassiz gehört hatte und von ihm mit Randbemerkungen versehen war (es sind mehr Dinge in Bibliotheken begraben, als die Welt sich träumen läßt). Agassiz war damals Amerikas führender Biologe und auch sein energischster Verfechter der Katastrophentheorie. Aber seine Randbemerkungen beinhalten einen unmöglichen Widerspruch, wenn wir den Standardbericht über Lyells Errungenschaften akzeptieren. Die Bleistiftnotizen von Agassiz enthalten die übliche Kritik aus der Sicht der Katastrophentheorie. Sie überliefern vor allem seine Überzeugung, daß die Ausdehnung gegenwärtiger Ursachen auf geologische Zeiträume der Größe einiger vergangener Ereignisse nicht gerecht wird; der Begriff einer Katastrophe, glaubt er, ist nach wie vor erforderlich. Trotzdem schreibt er abschließend: »Mr. Lyells *Principles of Geology* ist zweifellos das wichtigste Werk, das insgesamt in dieser Wissenschaft erschienen ist, seit sie ihren Namen verdient.« (Ich hatte den Eindruck, daß Agassiz diese Würdigung vielleicht aus einer gedruckten Rezension zitiert haben könnte; aber gemeinsam mit einigen Historikern bin ich zu dem Schluß gekommen, daß diese Notiz seine eigene Meinung widerspiegelt.)

Wenn Katastrophisten schwarze Schnurrbärte trugen, Aktualisten hingegen silberne Sterne und weiße Hüte, und wenn Lyell der scharf schießende Sheriff war, der die Übeltäter aus der Stadt vertrieb – die manichäische oder Western-Version der Wissenschaftsgeschichte –,

dann sind die Behauptungen von Agassiz absurd, denn wie kann ein Bösewicht in Freiheit den Sheriff so kriecherisch loben? Entweder das Westerndrehbuch ist falsch, oder Agassiz war verrückt.

Warum also lobte Agassiz das Buch von Lyell? Um diese Frage zu beantworten, muß ich Lyells sogenannten Aktualismus analysieren, um dann zu erläutern, daß die moderne Geologie in Wirklichkeit eine Mischung aus den Konzeptionen von Lyell und den Anhängern der Katastrophentheorie ist.

Charles Lyell war von Beruf Rechtsanwalt, und sein Buch gehört zu den brilliantesten Plädoyers, die ein Advokat je veröffentlicht hat. Es besteht in einer Mélange von präziser Dokumentation, überzeugender Argumentation und den »Klauseln, Praktiken, Fällen und Kniffen« (Übers. Schlegel), die Hamlet dem Beruf zuschreibt, wenn er einen ausgegrabenen Schädel als den eines früheren Rechtsgelehrten phantasiert. Lyells Darstellung war nicht frei von List, wenn er seine aktualistische Ansicht als die einzige wahre Geologie durchsetzen wollte.

Zunächst einmal baute er einen Pappkameraden auf, um ihn zu überwinden. 1830 glaubte kein seriöser wissenschaftlicher Verfechter der Katastrophentheorie mehr daran, daß Katastrophen eine über-sinnliche Ursache hätten und die Erde nur 6000 Jahre alt sei. Aber diese Vorstellungen erhielten sich noch bei einigen Laien und wurden von manchen halbwissenschaftlichen Theologen verfochten. Eine wissenschaftliche Geologie erforderte ihre Niederlage, aber innerhalb der Disziplin waren sie von Aktualisten wie von ihren Gegnern bereits über Bord geworfen. Agassiz lobte Lyell, weil dieser einen geologischen Konsensus so kraftvoll dem Publikum bekanntmachte.

Man kann es nicht Lyell vorwerfen, daß spätere Generationen seinen Pappkameraden als angemessene Darstellung der *wissenschaftlichen* Opposition gegen den Aktualismus betrachteten. Aber alle großen Anhänger der Katastrophentheorie im 19. Jahrhundert – Cuvier, Agassiz, Sedgwick und insbesondere Murchison – nahmen eine Erde von hohem Alter an und suchten nach einer natürlichen Grundlage für die kataklysmischen Veränderungen, die in der Vergangenheit eintraten. Eine sechstausend Jahre alte Erde erfordert den Glauben an Katastrophen, um die geologischen Zeugnisse in einer so kurzen Zeit unterzubringen. Die Umkehrung ist jedoch entschieden falsch: der Glaube an Katastrophen diktiert nicht ein Erdalter von sechstausend Jahren. Die Erde mag 4,5 oder im übrigen auch hundert Milliarden Jahre alt sein und trotzdem mit großer Geschwindigkeit Gebirge aufbauen.

In Wirklichkeit hatten die Verfechter der Katastrophentheorie wesentlich mehr Sinn fürs Empirische als Lyell. Die geologischen Zeugnisse scheinen Katastrophen zu belegen: Felsen sind gebrochen und verdreht, ganze Faunen sind ausgelöscht (vgl. Essay 16). Um diesen buchstäblichen Anschein zu umgehen, zwang Lyell den Beweisen seine Einbildung auf. Die geologischen Zeugnisse, so argumentierte er, sind unvollkommen, und wir müssen interpolieren, was wir nicht sehen, aber vernünftigerweise annehmen können. Die Katastrophentheoretiker waren die forschen Empiriker jener Zeit, nicht etwa verblendete Verteidiger der Theologie.

Zweitens ist Lyells »Aktualismus« eine Art Eintopf von Behauptungen. Da gibt es einerseits eine methodologische Forderung, die von jedem Wissenschaftler anerkannt werden muß, verfechte er nun die Katastrophentheorie oder die der Gleichförmigkeit. Andere bestehen in inhaltlichen Vorstellungen, die seitdem überprüft und aufgegeben wurden. Lyell gab ihnen einen gemeinsamen Namen und versuchte es mit einem Trick: Er wollte die inhaltliche Konzeption mit dem Argument unterschummeln, der methodologische Anspruch müsse akzeptiert werden, damit wir nicht »sehen, wie der alte Geist der Spekulation neu belebt wird, der Wunsch, den gordischen Knoten zu zerschneiden, statt ihn geduldig aufzuknüpfen«.

Lyells Konzeption der Gleichförmigkeit hat vier hauptsächliche und unterschiedene Komponenten:

1. Die Naturgesetze sind in Raum und Zeit konstant (gleichförmig, uniform). Wie John Stuart Mill gezeigt hat, ist dies keine Behauptung über die Welt; es ist ein Anspruch a priori, den Wissenschaftler stellen müssen, wenn sie Erfolg bei irgendeiner Analyse der Vergangenheit haben wollen. Wenn die Vergangenheit launisch ist, wenn Gott nach Belieben gegen die Naturgesetze verstößt, dann kann die Wissenschaft die Geschichte nicht enträtseln. Dem stimmten Agassiz und andere Anhänger der Katastrophentheorie zu; auch sie suchten nach einer natürlichen Ursache für die Katastrophen und lobten Lyells grundsätzliche Verteidigung der Wissenschaft gegen theologische Einmischung.
2. Die Prozesse, die jetzt auf die Gestalt der Erdoberfläche einwirken, sollten angeführt werden, um die Ereignisse der Vergangenheit zu erklären (Gleichförmigkeit des Prozesses durch die Zeit). Nur aktuelle Prozesse können direkt beobachtet werden. Daher sind wir besser daran, wenn wir vergangene Ereignisse durch Prozesse erklären, die jetzt noch wirksam sind. Auch dies ist keine Behauptung über die Welt; es ist eine Aussage über das wissenschaftliche Vorgehen. Und

auch hier widersprach kein Wissenschaftler. Agassiz und die anderen Katastrophentheoretiker zogen ebenfalls gegenwärtige Prozesse vor, und sie spendeten Lyells vorzüglicher Dokumentation Beifall, wenn er zeigte, wieviel diese Prozesse bewirken können. Ihre Meinungsverschiedenheit betraf einen anderen Gegenstand. Lyell glaubte, die aktuellen Prozesse seien eine hinreichende Erklärung für die Vergangenheit; seine Kontrahenten waren der Ansicht, man solle zwar stets gegenwärtige Prozesse vorziehen, einige vergangene Ereignisse erforderten jedoch den Eingriff von Ursachen, die jetzt nicht mehr wirken oder nur mit verlangsamer Geschwindigkeit.

3. Der geologische Wandel findet langsam, schrittweise und stetig statt, nicht in Katastrophen oder Paroxysmen (Gleichförmigkeit der Rate). Hier schließlich stoßen wir auf eine inhaltliche Behauptung, die sich überprüfen läßt, und auf eine wirkliche Differenz zwischen Lyell und Agassiz. Moderne Geologen würden sagen, daß Lyells Ansicht erfolgreich war, auch wenn sie darauf hinweisen würden, daß seine anfängliche Insistenz auf strenger Gleichförmigkeit der Rate die Vorstellungskraft eingeengt hat (Lyell akzeptierte zum Beispiel nie die Eistheorie, die Agassiz entwickelte; er wollte nicht zugeben, daß die Mengen an Eis und die Geschwindigkeit ihrer Bewegung in der Vergangenheit so andersartig waren).

4. Die Erde ist im Grunde genommen seit ihrer Entstehung die gleiche geblieben (Gleichförmigkeit der Gestalt). Diese letzte Komponente von Lyells Uniformität wird selten diskutiert. Sie ist schließlich eine empirische Behauptung, und zwar eine im wesentlichen falsche – und wer möchte die Fehlritte eines Helden öffentlich vorstellen? Aber ich glaube, daß gerade diese Gleichförmigkeit Lyell besonders am Herzen lag und für seine Vorstellung von der Erde zentral war. Newtons Erde kreist ewig um ihr Gestirn, ohne daß ihre Geschichte irgendwie gelenkt wäre. Ein Augenblick ist wie alle Augenblicke. Könnte solch eine großartige Vision nicht auch auf die geologische Geschichte unseres Planeten angewendet werden? Land und Wasser mögen ihre Lage verändern, aber dennoch existieren Land und Wasser durch die Zeit hindurch in ungefähr gleichem Verhältnis; Arten kommen und gehen, aber die durchschnittliche Komplexität des Lebens bleibt auf ewig konstant. Endloser Wandel im Detail, aber unablässige Konstanz im allgemeinen Aussehen – ein dynamisch stetiger Zustand, um eine heutige Vorstellung der Informationstheorie zu benutzen.

Lyells Vision trieb ihn zu einer Vorstellung, die allen Beweisen widerspricht, nämlich man müsse schon in den frühesten Fossilträger Spuren von Säugetieren finden. Um die augenscheinliche Gerichtet-

heit mit der dynamischen Konstanz in der Geschichte des Lebens zu versöhnen, unterstellte er, alle fossilen Zeugnisse stellten nur einen Teil eines »großen Jahres« dar – eines gewaltigen Zyklus, der wiederkehren wird, wenn »das riesige Iguanodon wieder in unseren Wäldern erscheinen wird und der Ichthyosaurier im Meer, während das Pterodaktyl wieder durch die schattigen Hallen der Farnwälder fliegen wird«.

Die Katastrophentheoretiker nahmen eine buchstäbliche Perspektive ein. Sie sahen eine Richtung in der Geschichte des Lebens, und sie glaubten daran. Nachträglich hatten sie recht.

Die meisten Geologen würden sagen, daß ihre Wissenschaft den vollständigen Triumph von Lyells Aktualismus über die unwissenschaftliche Katastrophentheorie darstelle. Lyells Plädoyer errang den Sieg für seinen Namen, aber die moderne Geologie ist eher eine gleichmäßige Mischung aus zwei wissenschaftlichen Schulen – Lyells ursprünglichem, strengem Aktualismus und der wissenschaftlichen Katastrophentheorie von Agassiz und Cuvier. Wir akzeptieren Lyells erste beiden Gleichförmigkeiten, aber das taten auch die Anhänger der Katastrophentheorie. Lyells dritte Gleichförmigkeit, angemessen modifiziert, ist sein großer substantieller Beitrag; seine vierte (und wichtigste) Gleichförmigkeit wurde mit gnädigem Vergessen bedacht. Aber dennoch spricht manches für Lyells Vision von einem stetigen Zustand. Eine dynamische Konstanz kann als grundsätzlicher Widerspruch zu den deutlich gerichteten Aspekten der Geschichte des Lebens und der Erde betrachtet werden. Aber das mittelalterliche Christentum vermochte beide Ansichten in seiner Geschichtsvorstellung zu vereinen. In den Glasfenstern von Chartres entfaltet sich die menschliche Geschichte als lineare Folge, beginnend im nördlichen Querschiff und, auf dem Weg über das Hauptschiff, im südlichen Querschiff endend – ein gerichteter Prozeß: eine Schöpfung, eine Ankunft Christi, eine Auferstehung der Toten. Aber zugleich ist das System von Korrespondenz durchdrungen, die scheinbare Gerichtetheit ist zugleich zeitlos. Das Neue Testament ist eine Wiederaufnahme des Alten. Maria gleicht dem brennenden Dornbusch, weil beide Gottes Feuer in sich enthielten und doch nicht verbrannten. Christus gleicht Jonas, weil beide nach drei Tagen in extremis wiederkehrten. Die beiden Anschauungen – Gerichtetheit und dynamische Konstanz – sind nicht unversöhnlich. Auch die Geologie könnte ihre kreative Synthese suchen.

Es ist noch gar nicht lange her, da trat Venus aus Jupiter hervor wie Athene aus der Stirn von Zeus – buchstäblich! Damals nahm sie die Gestalt und die Bahn eines Kometen an. Im Jahre 1500 v. Chr., zur Zeit des jüdischen Auszugs aus Ägypten, bewegte die Erde sich zweimal durch den Schweif der Venus, was sowohl Segen als auch Chaos mit sich brachte; Manna vom Himmel (oder eher aus dem Kohlenwasserstoff im Schweif eines Kometen) und die blutigen Flüsse der mosaischen Plagen (Eisen aus eben diesem Schweif). Venus setzte ihren erratischen Kurs fort, kollidierte mit Mars (oder fegte jedenfalls dicht an ihm vorbei), verlor ihren Schweif und stürzte sich in ihre derzeitige Bahn. Danach verließ Mars seine übliche Stellung und wäre um 700 v. Chr. beinahe mit der Erde zusammengestoßen. Die Schrecken jener Zeit waren so heftig, unser kollektiver Wunsch, sie zu verdrängen, so flehentlich, daß die Erinnerungen daran aus unserem Bewußtsein verschwunden sind. Aber sie lauern in unserem ererbten und unbewußten Gedächtnis und verursachen Angst, Neurosen, Aggressionen und deren gesellschaftliche Manifestation als Krieg. Dies mag nach dem Drehbuch eines recht kümmerlichen Fernsehfilms im Spätprogramm klingen; nichtsdestoweniger ist es eine Kurzfassung von Immanuel Velikovskys ernsthafter Theorie in *Worlds in Collision* (»Welten im Zusammenstoß«). Und Velikovsky ist weder ein Spinner noch ein Scharlatan – obwohl er nach meiner Meinung und der eines meiner Kollegen sich zumindest glorreich irrt.

Welten im Zusammenstoß, vor fünfundzwanzig Jahren erschienen, erzeugt immer noch eine intensive Debatte. Das Buch hat auch eine ganze Reihe von Themen geheckt, die im Verhältnis zu den rein wissenschaftlichen Argumenten peripher sind. Sicherlich wurde Velikovsky von einigen Kollegen schlecht behandelt, sie versuchten, die Veröffentlichung seines Werkes zu unterdrücken. Aber ein Mann erringt nicht den Status eines Galilei, bloß weil er verfolgt wird; er muß überdies recht haben. Die wissenschaftlichen und die soziologischen Fragen müssen getrennt betrachtet werden. Und im übrigen haben sich die Zeiten und mit ihnen die Behandlung von Häretikern geändert. Giordano Bruno wurde verbrannt; Galilei sah die Folterinstrumente und lebte alsdann unter Hausarrest. Velikovsky gewann Publizität und Forschungsstipendien. Torquemada war böse; Velikovskys akademische Feinde sind bloß dumm.

So überraschend die spezifischen Behauptungen sein mögen, interessiere ich mich doch mehr für Velikovskys unorthodoxe Untersu-

chungsmethode und seine physikalische Theorie. Er beginnt mit der Arbeitshypothese, daß alle Geschichten, die in antiken Chroniken als direkte Beobachtungen ausgegeben werden, wirklich wahr sind – wenn die Bibel berichtet, daß die Sonne stillstand, dann tat sie das auch (als die Anziehung der Venus die Umdrehung der Erde einen Moment lang anhielt). Dann versucht er, eine wie auch immer bizarre physikalische Erklärung zu finden, die alle diese Geschichten sowohl miteinander vereinbar als auch wahr machen würde. Die meisten Wissenschaftler würden das Gegenteil tun und die Grenzen der physikalischen Möglichkeiten benutzen, um festzustellen, welche von den antiken Legenden buchstäblich wahr sein *könnten*. (Ich habe Essay 17 dem letzten bedeutenden wissenschaftlichen Werk gewidmet, das Velikovskys Methode benutzte, Thomas Burtons *Sacred Theory of the Earth*, zum ersten Mal erschienen in den 1680er Jahren.) Zweitens kennt Velikovsky die Gesetze des Newtonschen Universums sehr wohl, nach denen Planeten nicht wandern können. Daher schlägt er eine grundlegend neue Physik der elektromagnetischen Kräfte bei großen Körpern vor. Kurzum, Velikovsky will die Wissenschaft der Himmelsmechanik vollkommen verändern, um die buchstäbliche Richtigkeit der alten Legenden zu retten.

Nachdem Velikovsky eine Katastrophentheorie der menschlichen Geschichte aufgestellt hatte, versuchte er nun, seine Physik zu verallgemeinern, indem er sie auf die geologische Zeit ausdehnte. Im Jahre 1955 veröffentlichte er seine geologische Abhandlung *Earth in Upheaval* (»Erde im Aufruhr«). Nachdem er bereits Newton und die moderne Physik angegriffen hatte, kämpfte er nun auch gegen Lyell und die moderne Geologie. Er stellte die These auf, daß, wenn uns allein in 3500 Jahren zweimal wandernde Planeten besucht haben, die Geschichte der Erde von derartigen Katastrophen gezeichnet sein müßte, nicht von dem langsamen und graduellen Wandel, den Lyells Aktualismus erfordert.

Velikovsky durchforschte die geologische Literatur der letzten hundert Jahre nach Berichten über katastrophische Ereignisse – Überschwemmungen, Vulkanausbrüche, Erdbeben, Gebirgsbildungen, Massensterben und Klimawechsel. Davon fand er eine reichliche Anzahl und suchte nun nach einer gemeinsamen Ursache:

Plötzlich muß das Agens aufgetreten sein und gewalttätig; es muß sich wiederholt haben, jedoch in höchst erratischen Intervallen; und es muß über titanische Kraft verfügt haben.

Es ist nicht überraschend, daß er auf die elektromagnetischen Kräfte von Himmelskörpern außerhalb der Erde verfiel. Insbesondere meint

er, daß solche Kräfte rasch die Erdrotation stören – und die Erde in extremen Fällen buchstäblich auf den Kopf stellen oder die Pole mit dem Äquator vertauschen. Velikovsky gibt eine recht farbige Schilderung der Auswirkungen einer solchen plötzlichen Verlagerung der Erdachse:

In diesem Augenblick würde ein Erdbeben den Globus erschüttern. Luft und Wasser würden nach dem Trägheitsgesetz ihre Bewegung beibehalten; so würden Wirbelstürme die Erde verwüsten und Meere ganze Kontinente überschwemmen . . . Es entstünde Hitze, Gesteine würden schmelzen, Vulkane ausbrechen, Lava würde aus den Rissen im aufgebrochenen Boden fließen und weite Gebiete überströmen. Gebirge würden sich aus Ebenen erheben.

Wenn als Beweise für *Welten im Zusammenstoß* das Zeugnis menschlicher Erzähler diene, so müssen für *Erde im Aufruhr* die geologischen Spuren selbst genügen. Velikovskys gesamte Argumentation stützt sich auf seine Lesart der geologischen Literatur. Und diese scheint mir wenig sorgfältig. Ich möchte mich auf die allgemeinen Fehler in seinem Vorgehen konzentrieren, nicht auf die Widerlegung einzelner Behauptungen.

Zunächst die Annahme, Gleichheit der Gestalt spiegele Gleichzeitigkeit des Auftretens wider: Velikovsky diskutiert die fossilen Fische des Frühen Rotsandsteins, einer Devonformation in England (350 bis 400 Millionen Jahre alt). Er zitiert Beweise für einen gewaltsamen Tod – Verdrehung des Körpers, Fehlen von Spuren eines Räubers, ja sogar Zeichen von »Überraschung und Schrecken«, die für immer in die fossilen Gesichter eingegraben seien. Daraus schließt er, daß eine plötzliche Katastrophe all diese Fische getötet haben muß; aber so unangenehm der Tod für jedes einzelne Individuum gewesen sein mag, so sind doch alle diese Fische auf mehrere Meter von Ablagerungen verteilt, die in einigen Millionen Jahren entstanden! Ebenso sehen die Mondkrater gleich aus und sind doch einzeln, jeweils durch den Aufprall eines einzelnen Meteoriten entstanden. Aber dieser Einfluß erstreckt sich über Milliarden von Jahren, und Velikovskys Lieblingshypothese eines gleichzeitigen Ursprungs, als die geschmolzene Mondoberfläche Blasen warf, ist durch die Apollo-Missionen endgültig widerlegt worden.

Zweitens die Annahme, Ereignisse müßten plötzlich sein, weil sie große Auswirkungen haben: Velikovsky schreibt anschaulich über die mehrere Meter tiefen Ozeanschichten, die verdunsteten, um die großen Eisflächen des Pleistozän zu bilden. Er kann sich den Prozeß nur als Ergebnis eines kochenden Ozeans mit darauf folgender

heftiger Abkühlung vorstellen:

Es war eine ungewöhnliche Folge von Ereignissen erforderlich: Die Ozeane müssen gedampft haben, und das verdampfte Wasser muß als Schnee auf die Breiten des mittleren Klimas gefallen sein. Diese Folge von Hitze und Kälte muß in sehr raschem Ablauf stattgefunden haben.

Aber Gletscher entstehen nicht über Nacht. »Schnell« entstanden sie nach geologischen Begriffen, aber die paar Jahrtausende ihres Wachstums lassen Zeit genug, daß der Schnee durch die jährlichen Niederschläge allmählich angesammelt wurde. Man braucht den Ozean nicht kochen zu lassen; in Nordkanada schneit es immer noch.

Drittens der Schluß von örtlichen Katastrophen auf weltweite Ereignisse: Kein Geologe hat je geleugnet, daß es *lokale* Katastrophen mit Überschwemmungen, Erdbeben und Vulkanausbrüchen gibt. Aber diese Ereignisse haben in keiner Weise etwas mit Velikovskys Vorstellung von einer globalen Katastrophe aufgrund einer plötzlichen Verschiebung der Erdachse zu tun. Nichtsdestoweniger sind Velikovskys »Beispiele« eben solche lokalen Ereignisse, kombiniert mit der ungerechtfertigten Extrapolation einer globalen Wirkungsweise. Er schreibt zum Beispiel über Agate Springs Quarry in Nebraska – ein lokaler Säugetier-»Friedhof« der (nach einer der Schätzungen) die Knochen von nahezu 20 000 großen Tieren enthält. Aber diese große Ansammlung braucht keineswegs auf eine Katastrophe zurückzuführen sein – Flüsse und Meere können allmählich gewaltige Mengen an Knochen und Schalen ansammeln (ich selbst bin über Strände gegangen, die gänzlich aus großen Muschelschalen und Korallenschutt bestehen). Und wenn jene Tiere wirklich einer lokalen Überschwemmung zum Opfer gefallen sind, haben wir nicht den geringsten Beweis dafür, daß ihre zeitgenössischen Geschwister auf anderen Kontinenten nur im geringsten belastigt wurden.

Viertens die ausschließliche Nutzung veralteter Quellen: Vor 1850 vermuteten die meisten Geologen allgemeine Katastrophen als Grund des geologischen Wandels. Diese Männer waren nicht dumm, und sie vertraten ihren Standpunkt mit einiger Überzeugungskraft. Wenn wir nur ihre Werke lesen, scheinen die Schlußfolgerungen logisch zu sein. Velikovskys Diskussion des katastrophischen Todes fossiler Fische in Europa zitiert allein die Werke von Hugh Miller von 1841 und von William Buckland aus den Jahren 1820 und 1837. Zweifellos enthält die gewaltige Literaturmenge der letzten hundert Jahre einiges, was man ebenfalls zur Kenntnis nehmen sollte. Ähnlich hält sich Velikovsky mit seinen Vorstellungen von den meteorologischen Verhält-

nissen zu Beginn der Eiszeiten an John Tyndalls Arbeit von 1883. Aber kaum ein anderes Thema wurde während des letzten Jahrhunderts in geologischen Kreisen intensiver diskutiert.

Fünftens Sorglosigkeit, Ungenauigkeit und Taschenspielererei: *Erde im Aufruhr* ist mit kleineren Fehlern und Halbwahrheiten vollgestopft, die an sich unwesentlich sind, aber entweder eine recht großzügige Haltung im Umgang mit der geologischen Literatur verraten oder einfach mangelndes Verständnis für ihren Inhalt. So wendet Velikovsky sich gegen das aktualistische Postulat, gegenwärtige Ursachen könnten die Vergangenheit erklären, mit der Feststellung, heute bildeten sich keine Fossilien. Jeder, der alte Knochen aus dem Bett eines Sees oder Muscheln am Strand ausgegraben hat, weiß, daß diese Behauptung absurd ist. Ebenso verurteilt Velikovsky den Darwinischen Gradualismus mit dem Argument, »daß einige Organismen wie zum Beispiel Foraminifera alle geologischen Zeitalter überlebten, ohne an der Evolution teilzunehmen«. Diese Behauptung wurde gelegentlich in der älteren Literatur aufgestellt, bevor sich irgendjemand ernsthaft der Erforschung dieser einzelligen Lebewesen gewidmet hatte. Aber niemand hat sie seit J. A. Cushman's umfangreicher beschreibender Arbeit aus den 1920er Jahren aufrechterhalten. Schließlich erfahren wir, daß Eruptivgestein – Granit und Basalt – »zahllose lebende Organismen in sich eingeschlossen hat«. Dies ist eine Neuigkeit für mich wie für die gesamte Zunft der Paläontologie. Aber alle diese Kritikpunkte verblassen zu Bedeutungslosigkeit gegenüber der schlüssigsten Widerlegung von Velikovskys Beispielen – ihrer Erklärung als Konsequenzen der Kontinentalverschiebung und der Plattentektonik. Und hier ist Velikovsky überhaupt kein Vorwurf zu machen. Er wurde einfach ein Opfer jener großen Revolution im geologischen Denken – wie so viele andere, die unter den früher beliebten Ansichten die orthodoxesten hegten. In *Erde im Aufruhr* lehnte Velikovsky mit vernünftigen Gründen die Kontinentalverschiebung als alternative Erklärung für die wichtigsten Erscheinungen ab, die seine Katastrophentheorie stützen. Und er lehnte sie aus dem selben Grunde ab, den die Geologen damals allgemein anführten – das Fehlen eines Mechanismus, der die Kontinente bewegen könnte. Dieser Mechanismus hat sich jetzt gefunden, nachdem das Wachsen des Meeresbodens verifiziert wurde (vgl. Essays 16 und 20). Der afrikanische Graben ist kein Riß, der bei einem plötzlichen Umkippen der Erde entstanden wäre, sondern ein Teil des Grabensystems der Erde, eine Verbindungslinie zwischen zwei Platten der Erdkruste. Der Himalaya entstand nicht, als sich die Erdachse

neigte, sondern als die indische Platte allmählich gegen Asien stieß. Die pazifischen Vulkane, ein »Feuerring«, sind nicht das Ergebnis eines Schmelzens bei der letzten Achsenverschiebung, sondern markieren die Grenze zwischen zwei Platten. Es gibt fossile Korallen in den Polarregionen, Kohle in der Antarktis und Beweise für eine Gletscherbildung im tropischen Südafrika während der Permzeit. Aber die Erde brauchte sich nicht auf den Kopf zu stellen, um all dies zu erklären; die Kontinente mußten sich nur aus anderen klimatischen Bereichen in ihre jetzige Lage verschieben.

Ironischerweise hat Velikovsky mehr an die Plattentektonik verloren als nur seinen Mechanismus der Achsenverschiebung; möglicherweise hat er die gesamte Begründung für seinen katastrophentheoretischen Standpunkt verloren. Wie Walter Sullivan in seinem kürzlich erschienenen Buch über die Kontinentalverschiebung zeigt, hat die Theorie der Plattentektonik eine erstaunliche Bestätigung für die aktualistische Tendenz beigebracht, vergangenen Ereignissen gegenwärtige Ursachen zuzuschreiben, die ohne starke Abweichung von ihrer aktuellen Intensität wirksam waren. Denn die Platten bewegen sich auch heute noch und führen die Kontinente mit sich. Und das gewaltige Panorama der dabei auftretenden Ereignisse – der weltweite Gürtel von Erdbebengebieten und Vulkanen, der Zusammenstoß von Kontinenten, die Massenausrottung ganzer Faunen (vgl. Essay 16) – läßt sich durch die kontinuierliche Bewegung dieser gigantischen Platten in Raten von nur wenigen Zentimetern pro Jahr erklären.

Die Affäre Velikovsky stellt eine äußerst verwirrende Frage nach dem öffentlichen Einfluß der Wissenschaft. Wie kann ein Laie rivalisierende Behauptungen von sogenannten Experten beurteilen? Jeder wortgewandte Mensch kann zu jedem Thema, das nicht im Bereich eigener Spezialkenntnisse des Lesers liegt, ein überzeugendes Argument ausspinnen. Selbst Däniken klingt gut, wenn man einfach *Erinnerungen an die Zukunft* liest. Ich bin nicht in der Lage, die historische Argumentation von *Welten im Zusammenstoß* zu beurteilen. Ich verstehe wenig von der Himmelsmechanik und noch weniger von der Geschichte des Mittleren Königreiches in Ägypten (obwohl ich gehört habe, wie Experten über Velikovskys häretische Chronologie stöhnten). Ich will nicht einfach annehmen, daß der Außenseiter unrecht hat. Aber wenn ich sehe, wie sonderbar Velikovsky die Daten verwendet, mit denen ich vertraut bin, entstehen auch gewisse Zweifel an seinem Umgang mit dem mir fremden Material. Doch was soll jemand machen, der weder die Astronomie, die Ägyptologie noch die

Geologie kennt, zumal wenn er mit einer in sich so aufregenden Hypothese konfrontiert wird und die, wie ich glaube, uns allen gemeinsame Neigung hat, für den Underdog zu stimmen?

Wir wissen, daß viele grundlegende Ansichten der modernen Naturwissenschaft als ketzerische Spekulationen von Nicht-Experten entstanden. Aber die Geschichte wirkt hier als beeinflussender Filter unseres Urteils. Wir singen das Lob des unorthodoxen Helden, aber auf einen erfolgreichen Ketzer kommen hundert vergessene Männer, die herrschende Vorstellungen herausforderten und dabei verloren. Wer unter uns hat je von Eimer, Cuénot, Trueman oder Lang gehört – den bedeutendsten Verfechtern der Orthogenese (gelenkte Evolution) gegen die darwinistische Flut? Ich werde weiterhin für die Ketzerei eintreten, die der Nicht-Spezialist predigt. Nur glaube ich leider kaum, daß Velikovsky in diesem überaus schweren Spiel Sieger sein wird.

20 Der Nachweis der Kontinentalverschiebung

Als die neue darwinistische Orthodoxie Europa überflutete, bemerkte ihr glänzendster Gegner, der alternde Embryologe Karl Ernst von Baer, mit bitterer Ironie, jede triumphierende Theorie durchlaufe drei Stadien: Zuerst werde sie als falsch abgelehnt; dann werde sie verunglimpft, weil sie im Widerspruch zur Orthodoxie stehe; schließlich werde sie als Dogma anerkannt, und jeder Wissenschaftler erhebe den Anspruch, er habe ihre Wahrheit schon seit langem erkannt.

Der Theorie der Kontinentalverschiebung begegnete ich zum ersten Mal, als sie gegen die Inquisition des zweiten Stadiums kämpfte. Kenneth Caster, der einzige bedeutendere Paläontologe, der es wagte, sie offen zu unterstützen, kam zu einem Vortrag an meine Alma Mater, das Antioch-College. Wir waren nicht gerade als fanatisch konservative Bastion bekannt, aber die meisten von uns lehnten seine Gedanken als etwas ab, was gerade noch am Rande des geistig Normalen anzusiedeln ist. (Da ich jetzt nach Baer in das dritte Stadium gehöre, habe ich die deutliche Erinnerung, Caster hätte die ersten ernsthaften Zweifel in meinem eigenen Denken gesät.) Ich erinnere mich, wie ein paar Jahre später, als ich ein Aufbaustudium an der Columbia-Universität machte, mein hervorragender Professor der Stratigraphie a priori voll Hohn und Spott für einen australischen Verschieber war, der zu einem Gastvortrag kam. Er orchestrierte das Indianergeheul eines Chors von kriecherischen Studenten. (Wie-

derum von meinem Aussichtspunkt im dritten Stadium her habe ich die Episode als lustig, aber auch ekelhaft in Erinnerung.) Als Tribut an meinen Professor muß ich vermerken, daß er zwei Jahre später einer raschen Bekehrung erlag und seine weiteren Jahre vergnügt damit verbrachte, sein Lebenswerk von vorn zu beginnen.

Heute, nur zehn Jahre später, würden meine eigenen Studenten jedermann mit noch schlimmerem Spott überhäufen, der die evidente Wahrheit der Kontinentalverschiebung leugnen würde: Ein prophetischer Wahnsinniger ist wenigstens amüsant, aber ein überalterter Kauz ist einfach bedauernswert. Wie konnte in dem so kurzen Zeitraum von nur einem Jahrzehnt ein so tiefgreifender Wandel eintreten?

Die meisten Wissenschaftler glauben – oder behaupten zumindest gegenüber der Öffentlichkeit –, daß ihre Disziplin auf die Wahrheit zu marschiert, indem sie immer mehr Daten sammelt, unter der Anleitung eines untrüglichen Verfahrens mit dem Namen »wissenschaftliche Methode«. Wenn das zutreffen würde, ließe sich meine Frage leicht beantworten. Die Fakten, wie sie vor zehn Jahren bekannt waren, sprachen gegen die Kontinentalverschiebung; inzwischen haben wir dazugelernt und dementsprechend unsere Ansicht geändert. Ich möchte indessen nachweisen, daß dies Drehbuch sowohl überhaupt schwer anzuwenden als auch in diesem Fall äußerst ungenau ist.

Während der Periode fast universaler Ablehnung waren die direkten Beweise für die Kontinentalverschiebung – das heißt die Daten, die aus den Gesteinen unserer Kontinente gewonnen wurden – ganz genau so gut wie heute. Die Theorie und die Beweise wurden mißachtet, weil sich niemand einen physikalischen Mechanismus vorstellen konnte, mittels dessen die Kontinente durch einen scheinbar festen Meeresboden pflügen könnten. Mangels eines plausiblen Mechanismus wurde die Konzeption einer Kontinentalverschiebung als absurd betrachtet. Die Daten, die sie zu stützen schienen, ließen sich stets wegerklären. Wenn solche Erklärungen etwas gezwungen klangen, so waren sie doch nicht halb so unwahrscheinlich wie die Alternative – die Kontinentalverschiebung zu akzeptieren. Während der letzten zehn Jahre haben wir ein neues Ensemble von Daten gewonnen, diesmal aus den Ozeanbecken. Mit diesen Daten, einer starken Dosis kreativer Vorstellungskraft und einem besseren Verständnis des Erdinneren haben wir eine neue Theorie der Dynamik des Planeten aufgestellt. Aus dieser Theorie der Plattentektonik folgt die Kontinentalverschiebung unvermeidlich. Die alten Daten aus den

kontinentalen Gesteinen, die einst mit Grund abgelehnt wurden, grub man nun wieder aus und pries sie als schlüssige Beweise für die Kontinentalverschiebung. Kurzum, wir akzeptieren heute die Kontinentalverschiebung, weil sie den Erwartungen einer neuen Orthodoxie entspricht.

Diese Geschichte betrachte ich als typisch für den wissenschaftlichen Fortschritt. Neue Fakten, die auf die alte Art und unter der Leitung einer alten Theorie gesammelt werden, führen selten zu einer grundsätzlichen Revision des Denkens. Tatsachen »sprechen nicht für sich selbst«, sie werden im Licht einer Theorie gelesen. Das kreative Denken ist ebenso wie in der Kunst auch in der Naturwissenschaft das Movens für einen Meinungsumschwung. Naturwissenschaft ist letztlich eine menschliche Betätigung, keine mechanisierte, roboterartige Anhäufung objektiver Informationen, die nach den Gesetzen der Logik zur unausweichlichen Interpretation führen würde. Ich möchte diese These mit zwei Beispielen belegen, die aus den »klassischen« Daten der Kontinentalverschiebung stammen. In beiden Fällen handelt es sich um alte Geschichten, die unterminiert werden mußten, solange die Verschiebung unbeliebt war.

I. Die Eiszeit im späten Paläozoikum. Vor etwa 240 Millionen Jahren bedeckten Gletscher Teile dessen, was heute Südamerika, Antarktis, Indien, Afrika und Australien ist. Wenn die Kontinente stabil sind, bringt diese Verteilung einige unüberwindliche Schwierigkeiten mit sich:

A. Die Richtung der Striae im östlichen Südamerika zeigt, daß die Gletscher sich von jener Seite aus über den Kontinent bewegten, die heute der Atlantik ist (Striae sind Kratzer auf dem Felsuntergrund, die durch die Bewegung von in den Gletscher eingefrorenen Steinen entstehen). Die Ozeane der Erde bilden ein einziges System, und der Transport von Wärme aus tropischen Gebieten stellt sicher, daß kein größerer Teil des offenen Meeres zufrieren kann.

B. Afrikanische Gletscher bedeckten Gebiete, die heute tropisches Klima haben.

C. Die indischen Gletscher müssen in subtropischen Gebieten der nördlichen Halbkugel entstanden sein; überdies verweisen ihre Striae auf eine Quelle in den tropischen Gewässern des Indischen Ozeans.

D. Es gab keine Gletscher auf den nördlichen Kontinenten. Wenn die Erde kalt genug war, um das tropische Afrika zu überfrieren, warum gab es dann keine Gletscher in Nordkanada oder Sibirien? Alle diese Schwierigkeiten lösen sich in nichts auf, wenn die südlichen

Kontinente (einschließlich Indiens) während dieser Eiszeit zusammenhängen und sich weiter südlich befanden, nämlich am Südpol; die südamerikanischen Gletscher kamen von Afrika her, nicht vom offenen Meer; das »tropische« Afrika und das »subtropische« Indien lagen in der Nähe des Südpols; der Nordpol befand sich mitten in einem offenen Ozean, und so konnten sich auf der nördlichen Halbkugel keine Gletscher entwickeln. Das klingt gut für die Verschiebungstheorie, tatsächlich zweifelt heute auch niemand mehr daran.

II. Die Verteilung der kambrischen Trilobiten (fossile Gliederfüßler, die vor 500 bis 600 Millionen Jahren lebten). Die kambrischen Trilobiten von Europa und Nordamerika sonderten sich in zwei recht unterschiedlichen Faunen mit der folgenden merkwürdigen Distribution auf modernen Landkarten: Die Trilobiten der »atlantischen« Provinz lebten überall in Europa sowie an einigen sehr eng begrenzten Orten des äußersten östlichen Randes von Nordamerika – im östlichen (aber nicht im westlichen) Neufundland und im Südosten von Massachusetts zum Beispiel. Die Trilobiten der »pazifischen« Provinz lebten überall in Amerika sowie in eng begrenzten Gebieten der äußersten Westküste von Europa – zum Beispiel in Nordschottland und im Nordwesten von Norwegen. Es ist teuflisch kompliziert, in dieser Verteilung irgendeinen Sinn zu finden, wenn die Kontinente stets fünftausend Kilometer voneinander entfernt waren.

Aber die Kontinentalverschiebung legt eine überraschende Lösung nahe. Im Kambrium waren Europa und Nordamerika voneinander getrennt: Die atlantischen Trilobiten lebten in den Gewässern um Europa, die pazifischen um Amerika herum. Die Kontinente (nunmehr mitsamt den Ablagerungen, in denen Trilobiten eingeschlossen sind) schoben sich aufeinander zu und verbanden sich schließlich. Später spalteten sie sich wieder, jedoch nicht genau an der Linie ihrer vorherigen Verzahnung. Abgerissene Stücke des einstigen Europa, die atlantische Trilobiten mit sich führten, verblieben am östlichsten Rand von Nordamerika, während einige Reste des früheren Nordamerika an der westlichsten Grenze Europas kleben blieben.

Beide Beispiele werden heute oft als »Beweise« für die Verschiebung angeführt, aber mit Grund in den Jahren davor zurückgewiesen, nicht etwa weil ihre Daten weniger vollständig gewesen wären, sondern weil noch niemand auf einen passenden Mechanismus verfallen war, um Kontinente zu bewegen. Alle ursprünglichen Verschieber nahmen an, daß die Kontinente sich ihren Weg durch den statischen Meeresboden bahnen. Alfred Wegener, der Vater der Kontinentalverschiebung,

vertrat zu Beginn dieses Jahrhunderts die These, die Schwerkraft allein könne Kontinente in Bewegung setzen. Die Kontinente treiben zum Beispiel nach Westen, weil sie von Anziehungskräften der Sonne und des Mondes festgehalten werden, während die Erde unter ihnen rotiert. Die Physiker reagierten mit Heiterkeit und zeigten mathematisch, daß die Anziehungskräfte viel zu schwach sind, um eine so monumentale Pilgerfahrt anzutreiben. So versuchte es Alexis du Toit, Wegeners Propagandist aus Südafrika, mit einem anderen Kurs. Er vermutete lokale, radioaktiv bewirkte Schmelzprozesse des Meeresbodens an den Grenzen von Kontinenten, die es den Kontinenten ermöglichen, dahinzugleiten. Diese ad-hoc-Hypothese verstärkte die Plausibilität von Wegeners Spekulation indessen nicht im geringsten. Da die Verschiebung mangels eines Mechanismus absurd erschien, machten sich die orthodoxen Geologen daran, die eindrucksvollen Beweise dafür als eine Reihe von unverbundenen Koinzidenzen darzustellen.

Im Jahre 1932 trachtete der berühmte amerikanische Geologe Bailey Willis danach, die Beweise für die Gletscherbildung mit statischen Kontinenten vereinbar zu machen. Er beschwor einen Deus ex machina, die »isthmischen Verbindungen« – schmale Landbrücken, die sich kühn über fünftausend Kilometer Ozean schwingen. Eine spannte er zwischen Ostbrasilien und Westafrika, eine andere von Afrika über Madagaskar bis nach Indien, eine dritte von Vietnam über Borneo und Neu-Guinea bis nach Australien. Sein Kollege, der Yale-Professor Charles Schuchert, fügte noch eine zwischen Australien und der Antarktis sowie eine von der Antarktis nach Südamerika hinzu und vervollständigte so die Isolierung eines südlichen Ozeans von den übrigen Gewässern der Erde. Ein solcher isolierter Ozean hätte am südlichen Rand zufrieren können, so daß seine Gletscher von Osten her Südamerika hätten überfluten können. Sein kaltes Wasser hätte auch die Gletscher Südafrikas genährt. Die indischen Gletscher jedoch, fünftausend Kilometer nördlich von jeglichem südlichen Eis gelegen, verlangten eine gesonderte Erklärung. Willis schrieb: »Vernünftigerweise kann keine Verknüpfung zwischen den Ereignissen angenommen werden. Der Fall muß auf der Grundlage einer allgemeinen Ursache sowie der lokalen geographischen und topographischen Bedingungen betrachtet werden.« Auch dieser Aufgabe war sein erfinderisches Hirn gewachsen: Er setzte einfach eine so erhöhte Topographie voraus, daß warme, südliche Wolken ihr Produkt als Schnee fallen ließen. Zur Erklärung des mangelnden Eises in den gemäßigten und arktischen Zonen der nördlichen Halbkugel rekon-

struierte Willis ein System von Meeresströmungen, die es ihm ermöglichten, eine »warme Unterströmung« zu postulieren, »die unter dem kühleren Wasser an der Oberfläche hindurchfloß und in der Arktis als ein Warmwasser-Heizungssystem hervortrat«. Schuchert war von der Lösung entzückt, welche die isthmischen Verbindungen anboten:

Wenn man dem Biogeographen Holarktis zugesteht sowie eine Landbrücke von Nordafrika nach Brasilien, eine weitere von Südamerika zur Antarktis (sie existiert fast noch), sodann eine von diesem polaren Land nach Australien und von hier weiter über das Arafura-Meer nach Borneo und Sumatra und schließlich bis nach Asien, dazu die anerkannten Mittel der Verbreitung an den Sockelgewässern entlang durch Wind, Meeresströmungen sowie Zugvögel, dann hat er alles, was er braucht, um die Verbreitung des Lebens sowie die Verteilung von Wasser und Land in der gesamten geologischen Zeit auf der Grundlage der gegenwärtigen Anordnung der Kontinente zu erklären.

Die einzige Gemeinsamkeit all dieser Landbrücken war ihr äußerst hypothetischer Status; nicht ein Jota von einem direkten Beweis konnte auch nur für eine einzige erbracht werden. Aber damit die Sage von den isthmischen Verbindungen nicht als abwegiges Märchen gelesen wird, von Dogmatikern erfunden, um eine unhaltbare Orthodoxie zu stützen, erinnere ich daran, daß für Willis, Schuchert und jeden klar denkenden Geologen der 30er Jahre eines noch zehnmal absurder scheinen mußte als Tausende von Kilometern lange imaginäre Landbrücken – nämlich die Kontinentalverschiebung selbst.

Im Lichte jener fruchtbaren Phantasien konnten die kambrischen Trilobiten kein unüberwindliches Problem darstellen. Die atlantische und die pazifische Provinz wurden eher als verschiedene Umwelten betrachtet denn als verschiedene Orte – flacheres Wasser für den Pazifik, tieferes Wasser für den Atlantik. Mit der Freiheit, so ungefähr jede hypothetische Geometrie für die Ozeanbecken im Kambrium zu erfinden, zeichneten die Geologen ihre Landkarten und bahnten ihrer Orthodoxie den Weg.

Als die Kontinentalverschiebung Ende der 60er Jahre modern wurde, spielten die klassischen Daten von den kontinentalen Gesteinen überhaupt keine Rolle: Die Verschiebung setzte sich im Gefolge einer neuen Theorie durch, unterstützt von einer neuen Art von Zeugnissen. Die physikalischen Absurditäten von Wegeners Theorie beruhten auf seiner Überzeugung, die Kontinente schnitten sich einen Weg durch den Meeresboden. Aber wie anders sollte es zu einer Verschiebung kommen? Der Meeresboden, die Erdrinde muß doch stabil sein.

Wo sollte es schließlich hinführen, wenn sie in Stücke zerbräche, und müßten dann nicht tiefe Löcher in der Erde klaffen? Das war doch vollkommen klar. Oder etwa nicht?

Was »unmöglich« ist, wird gewöhnlich von unseren Theorien definiert, es ist nicht naturgegeben. Revolutionäre Theorien handeln mit dem Unerwarteten. Wenn Kontinente durch den Meeresboden pflügen müßten, gibt es keine Verschiebung; wenn man hingegen annimmt, daß die Kontinente an der Erdrinde haften und sich passiv bewegen, wie die Stücke einer Kruste umhergleiten, sieht es schon anders aus. Aber wir haben gerade festgestellt, daß die Rinde sich nicht bewegen kann, ohne daß Löcher entstehen. Hier erreichen wir eine Sperre, die mit kreativer Vorstellung überwunden werden muß, nicht einfach durch eine weitere Expedition zur Feldforschung in den aufgefalteten Appalachen – wir müssen ein grundsätzlich verändertes Modell der Erde herstellen.

Das Problem der Löcher läßt sich vermeiden, wenn wir von einem kühnen Postulat ausgehen, das Gültigkeit zu besitzen scheint. Wenn sich zwei Stücke des Meeresbodens voneinander fort bewegen, werden sie kein Loch hinterlassen, falls neues Material aus dem Innern der Erde hervorquillt, um die Spalte zu füllen. Wir können noch weitergehen und die kausale Implikation dieser Aussage umkehren: Das Aufsteigen neuen Materials aus dem Erdinneren könnte die treibende Kraft sein, welche den alten Meeresboden beiseite schiebt. Aber da die Erde sich nicht ausdehnt, muß es andere Regionen geben, wo alter Meeresboden im Erdinneren verschwindet, so daß ein Gleichgewicht zwischen Schöpfung und Zerstörung gewahrt bleibt. Tatsächlich scheint die Erdoberfläche in weniger als zehn hauptsächliche »Platten« aufgeteilt zu sein, die überall von schmalen Zonen der Schöpfung (ozeanische Grate) und der Zerstörung (ozeanische Gräben) begrenzt sind. Die Kontinente haften an diesen Platten und bewegen sich mit ihnen, wenn der Meeresboden sich von den ozeanischen Graten entfernt. Die Kontinentalverschiebung ist nicht mehr eine stolze Theorie für sich, sondern die passive Schlußfolgerung aus unserer neuen Orthodoxie, der Plattentektonik.

Wir haben jetzt eine neue, mobilistische Orthodoxie, so entschieden und kompromißlos wie die statische Anschauung, die von ihr ersetzt wurde. In ihrem Licht wurden die klassischen Daten für die Verschiebung exhumiert und als definitive Beweise gewertet. Aber diese Daten spielten beim Nachweis der Wanderung von Kontinenten keine Rolle; die Verschiebung trug erst den Sieg davon, als sie zur Konsequenz einer neuen Theorie wurde.

Die neue Theorie färbt unsere Betrachtung aller Daten; in unserer komplexen Welt gibt es keine »reinen Fakten«. Vor etwa fünf Jahren fanden Paläontologen in der Antarktis ein fossiles Reptil mit Namen Lystrosaurus. Es lebte auch in Südafrika und vermutlich ebenfalls in Südamerika (in Südamerika sind nur keine Gesteine des entsprechenden Alters gefunden worden). Wenn irgend jemand gegenüber Willis oder Schuchert ein solches Argument für die Verschiebung gebracht hätte, wäre er niedergebrüllt worden – und ganz zu Recht. Denn die Antarktis und Südamerika sind selbst heute durch eine Reihe von Inseln nahezu verbunden, und zweifellos waren sie zu verschiedenen Zeiten der Vergangenheit durch eine Landbrücke verknüpft (eine geringe Senkung des Meeresspiegels würde heute eine solche Landbrücke herstellen). Lystrosaurus kann auf einer relativ kurzen Reise bequem zu Fuß von einem zum anderen Erdteil gegangen sein. Aber die *New York Times* brachte einen Leitartikel, in dem behauptet wurde, allein diese seine Wanderung beweise die Kontinentalverschiebung.

Viele Leser mögen von meiner Argumentation für den Vorrang der Theorie verwirrt sein. Führt sie nicht zu Dogmatik und Mißachtung der Fakten? Das kann sie natürlich, sie muß es aber nicht. Die Lehre der Geschichte zeigt, daß Theorien von rivalisierenden Theorien überwunden werden, nicht etwa, daß Orthodoxien unerschütterlich sind. Inzwischen bin ich über den Kreuzzugseifer der Plattentektonik keineswegs betrübt, aus zwei Gründen. Ich habe es in meinem zweifellos kulturell gefesselten Kopf, daß die Hypothese grundsätzlich richtig ist. Ich habe es in den Knochen, daß sie verdammt aufregend ist – mehr als genug, um zu zeigen, daß die überkommene Wissenschaft doppelt so interessant sein kann wie irgendein Produkt der Erfindung von Däniken oder aus einem Bermudadreieck dieses und aller früheren Zeitalter menschlicher Wundergläubigkeit.

VI GRÖSSE UND GESTALT, VON KIRCHEN ÜBER HIRNE ZU PLANETEN

21 Größe und Gestalt

*Wer könnte theoretisch
sich die Biene denken?
Und die Giraffe konstruiert?
Zehntausend Forscher
des, was möglich ist,
Sie kämen auf den halben
Dschungel nur des
Seins.*

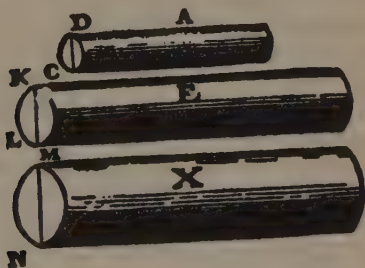
Diese Verse von John Ciardi spiegeln den Glauben wider, daß die überschwengliche Vielfalt des Lebens für immer unsere hochmütigen Ansprüche auf Allwissenheit frustrieren wird. Aber wie laut wir auch die Unterschiedlichkeit feiern, wie sehr wir uns über die Sonderbarkeiten der Tiere amüsieren mögen, müssen wir auch zugeben, daß es eine verblüffende »Gesetzmäßigkeit« im grundlegenden Bauplan der Organismen gibt. Besonders evident ist diese Regelmäßigkeit im Verhältnis zwischen Größe und Gestalt.

Tiere sind physikalische Gegenstände. Durch natürliche Auslese gestalten sie sich zu ihrem Vorteil. Infolgedessen müssen sie die Formen annehmen, die am besten ihrer Größe entsprechen. Die relative Stärke fundamentaler Kräfte (der Schwerkraft zum Beispiel) variiert auf regelmäßige Weise gemäß der Größe, und die Tiere reagieren darauf mit veränderten Gestaltungen.

Die Geometrie des Raums selbst ist der hauptsächliche Grund für die Korrelationen zwischen Größe und Gestalt. *Einfach durch Vergrößerung* erleidet jeder Gegenstand eine Abnahme an relativer Menge der Oberfläche, wenn seine Gestalt unverändert bleibt. Diese Abnahme tritt ein, weil das Volumen als dritte Potenz der Länge zunimmt (Länge mal Länge mal Länge), die Oberfläche jedoch nur als Quadrat (Länge mal Länge): mit anderen Worten, das Volumen nimmt rascher zu als die Oberfläche.

Warum ist das für Tiere wichtig? Viele Funktionen, die von der Oberfläche abhängen, müssen dem Gesamtvolumen des Körpers dienen. Verdaute Nahrung dringt durch Oberflächen in den Körper ein; Sauerstoff wird bei der Atmung durch Oberflächen absorbiert;

die Stärke eines Beinknochens hängt von ihrem Querschnitt ab, aber die Beine müssen einen Körper tragen, dessen Gewicht in der dritten Potenz seiner Länge zunimmt. Galilei erkannte als erster in seinem *Discorsi* von 1638 dies Prinzip, in dem Meisterwerk, das er schrieb, als er von der Inquisition unter Hausarrest gestellt war. Er argumentierte, daß der Knochen eines großen Tieres disproportional dicker werden müsse, um die gleiche relative Stärke zur Verfügung zu stellen wie der dünne Knochen eines kleinen Tieres. Eine Lösung für die Abnahme der Oberfläche war bei der allmählichen Evolution großer und komplexer Organismen besonders wichtig:



Galileis Originalillustration zum Verhältnis zwischen Größe und Gestalt. Um sich die gleiche Stärke zu erhalten, müssen große Zylinder relativ dicker sein als kleine. Aus genau dem gleichen Grund haben große Tiere relativ dicke Beinknochen.

die Entwicklung der inneren Organe. Die Lunge ist im wesentlichen ein vielfach gekrümmter Beutel aus Oberfläche, zum Zwecke des Gasaustauschs; das Zirkulationssystem verteilt Stoffe auf einen Innenraum, der sich von der Oberfläche eines großen Organismus her nicht direkt erreichen läßt; die Villi unserer Eingeweide vergrößern die Oberfläche, an der die Absorption der Nahrung stattfindet (kleine Säugetiere haben sie nicht und brauchen sie auch nicht).

Einige kleinere Tiere haben nie innere Organe entwickelt. Wenn sie größer werden, müssen sie ihre gesamte Gestalt so drastisch ändern, daß die Formbarkeit für eine weitere Evolution einer extremen Spezialisierung geopfert wird. So kann ein Bandwurm sechzig Zentimeter lang werden, aber seine Dicke kann den Bruchteil eines Zentimeters nicht übersteigen, weil Nahrung und Sauerstoff direkt von der Körperoberfläche in alle Körperteile eindringen muß.

Andere Tiere sind gezwungen, klein zu bleiben. Insekten atmen durch die Tracheen ihrer äußeren Oberfläche. Der Sauerstoff, der durch diese Oberflächen eindringt, muß das gesamte Körpervolumen erreichen. Da die Tracheen bei größeren Körpern zahlreicher und gekrümmter sein müssen, setzen sie der Größe eines Insekts eine Grenze: Schon in der Größe eines kleinen Säugetiers würde ein Insekt »ganz aus Tracheen bestehen« und keinen Platz für die inneren Teile haben.

Wir sind Gefangene der Wahrnehmungen unserer Größe und gewahren nur selten, wie anders die Welt kleinen Tieren erscheinen muß. Da unsere relative Oberfläche bei unserem großen Körper so klein ist, werden wir von der Schwerkraft beherrscht, die auf unser Gewicht einwirkt. Aber für sehr kleine Tiere mit einer großen Oberfläche im Verhältnis zum Volumen ist die Schwerkraft eine *quantité négligeable*; sie leben in einer Welt, die von Oberflächenkräften beherrscht wird, und schätzen die Freuden und Gefahren ihrer Umgebung auf eine Weise ein, die unserer Erfahrung ganz fremd ist.

Ein Insekt bringt nicht etwa ein Wunder fertig, wenn es an einer Wand empor oder auf der Oberfläche eines Teiches entlang geht; die geringe Schwerkraft, die es herabzieht, wird leicht durch die Adhäsionskraft ausgeglichen. Wenn man ein Insekt von einem Dach herabwirft, schwebt es sanft hinab, weil die Reibungskräfte, die auf seine Oberfläche einwirken, den schwachen Einfluß der Schwerkraft überwinden. Die relative Schwäche der Schwerkraft erlaubt auch eine Art des Wachstums, die große Tiere nicht beibehalten können. Insekten haben ein äußeres Skelett und können nur wachsen, indem sie es abwerfen und ein neues absondern, das dem vergrößerten Körper

entspricht. Während der Periode zwischen der Häutung und der Neuentstehung muß der Körper weich bleiben. Ein großes Säugetier ohne irgendeinen stützenden Bau würde unter dem Einfluß der Schwerkraft zu einer formlosen Masse zusammensinken; ein kleines Insekt kann seine Kohäsion erhalten (die damit verwandten Krebse und Krabben können wesentlich größer werden, weil sie ihr »weiches« Stadium im nahezu schwerelosen Auftrieb des Wassers verbringen). Hier haben wir einen weiteren Grund für die geringe Größe von Insekten.

Die Schöpfer von Horror- und Science-fiction-Filmen scheinen nicht die geringste Ahnung vom Verhältnis zwischen Größe und Gestalt zu haben. Diese »Erweiterer des Möglichen« können sich nicht von den Vorurteilen ihrer Wahrnehmung befreien. Die kleinen Leute aus *Dr. Cyclops*, *The Bride of Frankenstein*, *The Incredible Shrinking Man* und *Fantastic Voyage* benehmen sich wie ihre Gegenstücke von normalen Dimensionen. Sie fallen mit widerklingendem Bums Klippen oder Treppen hinunter; sie schwingen Waffen und schwimmen mit olympischer Regsamkeit. Die Rieseninsekten in allzu zahlreichen Filmen, um sie aufzuzählen, hören selbst bei der Größe von Dinosauriern nicht auf, an den Wänden hochzugehen oder gar zu fliegen. Wenn der freundliche Entomologe in *Them* erfährt, daß die Riesenameisenköniginnen ihren Hochzeitsflug begonnen haben, kalkuliert er rasch eine einfache Gleichung: Eine normale Ameise ist nur den Bruchteil eines Zentimeters lang und kann Hunderte von Metern fliegen; diese Ameisen sind mehrere Meter lang und müssen also über tausend Kilometer fliegen können. Da könnten sie ja gar bis Los Angeles kommen! (Und dort sind sie auch und lauern in den Kloaken.) Aber die Fähigkeit zu fliegen hängt von der Oberflächengröße der Flügel ab, während das Gewicht, das in die Luft gebracht werden muß, in der dritten Potenz der Länge zunimmt. Wir können sicher sein: Selbst wenn die Riesenameisen irgendwie ihre Probleme der Atmung und des Wachstums durch Häutung umgangen hätten, würde allein ihre Masse sie dauerhaft am Boden festhalten.

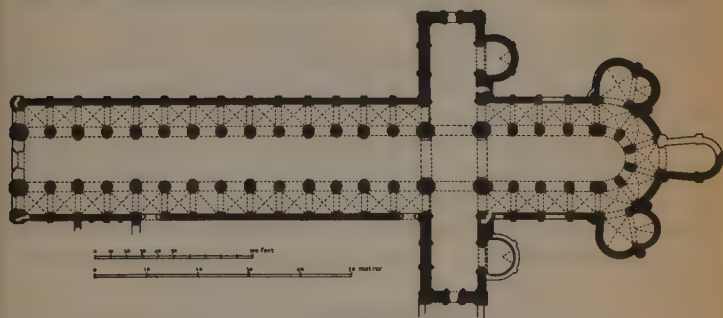
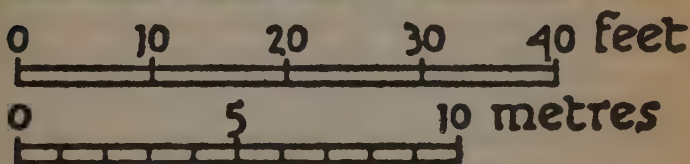
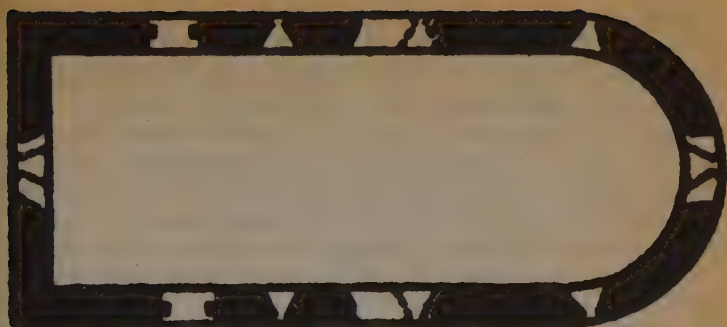
Andere wesentliche Merkmale von Organismen ändern sich mit zunehmender Größe sogar noch rascher als das Verhältnis zwischen Oberfläche und Volumen. In einigen Situationen nimmt die kinetische Energie in der fünften Potenz der Länge zu. Wenn ein Kind von der halben Größe eines Erwachsenen hinfällt, wird sein Kopf nicht mit der halben, sondern mit $1/32$ der Energie aufschlagen, mit der sich ein Erwachsener verletzen würde. Besser als durch einen »weichen« Kopf ist ein Kind durch seine Größe geschützt. Umgekehrt sind wir vor der

physischen Stärke seiner Wutanfälle geschützt, denn wenn ein Kind nicht mit halber, sondern nur mit $1/32$ unserer Energie zuschlagen kann, werden wir das schließlich überstehen. Ich habe seit langem besonderes Mitleid mit den armen Zwergen empfunden, die in Wagners *Rheingold* unter der Peitsche des grausamen Alberich schmachten. Bei ihrer winzigen Größe haben sie gar nicht die Möglichkeit, die Edelmetalle, die Alberich von ihnen fordert, mit den Bergmannshämmern aus dem Gestein zu schlagen, trotz des fleißigen und unaufhörlichen Leitmotivs ihres vergeblichen Versuches.¹

Dies einfache Prinzip differentieller Skalierung dürfte wohl der wichtigste Faktor in der Bestimmung der Gestalt sein. J. B. S. Haldane hat einmal geschrieben, die vergleichende Anatomie sei »im wesentlichen die Geschichte des Kampfes darum, die Oberfläche im Verhältnis zum Volumen zu vergrößern«. Aber die Allgemeinheit dieses Prinzips reicht noch über das Leben hinaus, denn die Geometrie des Raums beherrscht Schiffe, Gebäude und Maschinen ebenso wie Tiere.

Mitterlalterliche Kirchen eignen sich, um die Wirkungen von Größe und Gestalt zu untersuchen, denn sie wurden in weit verschiedenen Größen gebaut, bevor es die Erfindung von Stahlbeton, elektrischer Beleuchtung und Air-condition den modernen Architekten erlaubte, die Gesetze der Größe herauszufordern. Die kleine Dorfkirche aus dem 12. Jahrhundert in Little Tey im englischen Essex ist ein breites rechteckigen Gebäude mit einer halbkreisförmigen Apsis. Das Licht erreicht das Innere durch die äußeren Wände. Wenn wir eine Kathedrale bauen wollten, indem wir diesen Plan einfach vergrößern, würden die Außenwände und Fenster nur im Quadrat der Länge zunehmen, während das Volumen, das vom Licht erreicht werden soll, in der dritten Potenz der Länge zunähme. Mit anderen Worten, die Fensterfläche würde langsamer zunehmen als das Volumen, das Beleuchtung erfordert. Kerzenbeleuchtung hat ihre Grenzen; das Innere einer solchen Kathedrale wäre finsterer als der Verrat des Judas. Den mittelalterlichen Kathedralen fehlt es wie den Bandwürmern an inneren Systemen, also müssen sie ihre Gestalt ändern, um mehr äußere Oberfläche zu gewinnen, wenn sie größer gebaut werden. Überdies mußten große Kirchen relativ schmal sein, weil ihre Decken aus Stein gewölbt wurden und große Weiten nicht ohne Zwischenträger überspannt werden konnten. Das Kapitelhaus in Batalha in Portugal – eins der breitesten Steingewölbe des Mittelalters

¹ Ein Freund hat mich inzwischen darauf hingewiesen, daß Alberich, selbst ein kleiner Mensch, die Peitsche nur mit einem Bruchteil unserer Kraft schwingen kann – so daß es also doch nicht allzu schlimm für seine Untergebenen ist.



NORWICH CATHEDRAL.

Die große Vielfalt in der Gestalt von mittelalterlichen Kirchen läßt sich zum Teil auf die Größe zurückführen. Die Dorfkirche von Little Tey im englischen Essex, oben, ist nur siebzehn Meter lang und hat einen einfachen Grundriß, während der Grundriß der Kathedrale von Norwich, die ebenfalls aus dem 12. Jahrhundert stammt, die Adaptionen – Querschiff, Kapellen – zeigt, die für ein Gebäude von 140 Meter Länge erforderlich sind. Die Notwendigkeit von Beleuchtung und Stützen diktierte die komplexen Pläne der Kathedralen. (Autorisierter Nachdruck nach A. W. Chapman, *English Romanesque Architecture: After the Conquest*, Clarendon Press, Oxford, 1934.)

– stürzte während des Baus zweimal ein und wurde schließlich von zum Tode verurteilten Gefangenen errichtet.

Damit kann man nun etwa die Kathedrale von Norwich vergleichen, wie sie im 12. Jahrhundert aussah. Gegenüber Little Tey ist das Rechteck des Hauptschiffs weit schmaler; an die Apsis sind Kapellen angefügt, und ein Querschiff kreuzt das Längsschiff. Alle diese »Adaptionen« tragen dazu bei, das Verhältnis zwischen den Außenmauern und Fenstern zum inneren Volumen zu verbessern. Oft wird behauptet, das Querschiff sei hinzugefügt worden, um die Gestalt eines Kreuzes zu erzeugen. Die theologischen Motive mögen wohl die Stellung dieser »Ausbeutelungen« diktiert haben, aber die Gesetze der Größe erforderten ihr Vorhandensein. Nur sehr wenige kleine Kirchen haben Querschiffe. Die mittelalterlichen Architekten hatten ihre Faustregeln, aber soweit wir wissen, besaßen sie keine definitive Kenntnis von den Gesetzen der Größe.

Große Organismen haben wie große Kirchen nur ziemlich wenige Optionen zur Verfügung. Von einer gewissen Größe an sehen große Landtiere grundlegend ähnlich aus – sie haben dicke Beine und verhältnismäßig kurze, kräftige Körper. Große mittelalterliche Kirchen sind relativ lang und haben zahlreiche Ausbuchtungen. Die »Erfindung« innerer Organe erlaubte es den Tieren, die außerordentlich erfolgreiche Gestalt eines einfachen Äußeren zu bewahren, das ein großes inneres Volumen einschließt; die Erfindung der inneren Beleuchtung und der Stahlkonstruktion hat es den modernen Architekten ermöglicht, große Gebäude von im wesentlichen kubischer Gestalt zu entwerfen. Die Grenzen wurden ausgedehnt, aber die Gesetze wirken nach wie vor. Keine große gotische Kirche ist breiter als lang; kein großes Tier hat eine durchhängende Mitte wie ein Dackel.

Ich habe einmal der Unterhaltung einiger Kinder auf einem Spielplatz in New York zugehört. Zwei kleine Mädchen diskutierten die Größe von Hunden. Das eine fragte: »Kann ein Hund so groß wie ein Elefant sein?« Ihre Freundin antwortete: »Nein, wenn er so groß wie ein Elefant wäre, würde er wie ein Elefant aussehen.« Sie hatte recht.

22 Taxierung der menschlichen Intelligenz

A Menschliche Körper

»Größe«, sagte Julian Huxley einmal, »ist an sich faszinierend.« Wir bevölkern unsere Zoos mit Elefanten, Nilpferden, Giraffen und

Gorillas; wer von uns hat sich nicht mit King-Kong in seinen Kämpfen auf den Dächern hoher Gebäude identifiziert? Die Konzentrierung unseres Interesses auf die wenigen Geschöpfe, die größer sind als wir selbst, hat die Wahrnehmung unserer eigenen Größe verfälscht. Die meisten Leute haben die Vorstellung, Homo sapiens sei ein Lebewesen von bescheidenen Dimensionen. In Wirklichkeit gehören die Menschen jedoch zu den größten Tieren auf der Erde; mehr als 99% aller Tierarten sind kleiner als wir. Von den 190 Arten unserer eigenen Ordnung, den Primaten innerhalb der Säugetiere, übertrifft uns allein der Gorilla gewöhnlich in der Größe.

In unserer selbstgeschriebenen Rolle als Beherrscher des Planeten haben wir großes Interesse gezeigt, einen Katalog der Merkmale aufzustellen, die es uns erlaubten, diesen herausragenden Standpunkt zu erreichen. Gehirn, aufrechte Haltung, Entwicklung der Sprache und die Jagd in Gruppen (um nur einige zu nennen) werden oft angeführt, aber ich bin verblüfft, wie selten unsere Größe als kontrollierender Faktor unseres Evolutionsprozesses erkannt worden ist.

Trotz ihres geringen Ansehens in manchen Kreisen ist die selbstbewußte Intelligenz zweifellos ein Sine qua non unseres derzeitigen Status. Hätten wir sie bei wesentlich geringerer Körpergröße entwickeln können? Bei der Weltausstellung in New York im Jahre 1964 flüchtete ich mich vor dem Regen in die Halle der »Freien Marktwirtschaft«. Dort sah ich, an hervorgehobener Stelle, die Abbildung eines Ameisenhaufens mit der Inschrift: »Zwanzig Millionen Jahre evolutionärer Stagnation! Warum? Weil der Ameisenhaufen ein sozialistisches, totalitäres System ist!« Diese Aussage erfordert gewiß keine ernsthafte Beachtung; trotzdem möchte ich darauf hinweisen, daß die Ameisen es von ihrem Standpunkt aus ganz richtig machen, und daß es eher an ihrer Größe als an ihrer Sozialstruktur liegt, wenn sie von höheren geistigen Fähigkeiten ausgeschlossen sind.

Im heutigen Zeitalter des Transistors können wir Radios in das Gehäuse einer Armbanduhr einschließen und Telefone mit winzigsten elektronischen Päckchen verwandeln. Diese Miniaturisierung könnte uns zu dem irrtümlichen Glauben verführen, die absolute Größe sei für das Funktionieren einer komplexen Maschine irrelevant. Aber die Natur miniaturisiert nicht Neuronen (oder auch andere Zellen). Die Skala der Größen von Zellen ist unvergleichlich viel kleiner als die Skala der Körpergrößen von Organismen. Kleine Tiere haben einfach weniger Zellen als große Tiere. Das menschliche Gehirn enthält einige Milliarden Neuronen; eine Ameise ist durch ihre Körpergröße auf mehrere hundert mal weniger Neuronen angewiesen.

Selbstverständlich gibt es kein einwandfrei festgestelltes Verhältnis zwischen Gehirngröße und Intelligenz unter Menschen (oft wird die Geschichte angeführt, daß Anatole France ein Gehirn von weniger als 1000 cm^3 hatte und Oliver Cromwell eines von über 2000 cm^3). Aber diese Beobachtungen lassen sich nicht auf die Unterschiede zwischen den Arten ausdehnen und gewiß nicht auf die Größenunterschiede zwischen Menschen und Ameisen. Ein effizienter Computer braucht Milliarden von Schaltkreisen, und eine Ameise kann eben keine hinreichende Anzahl besitzen, weil aufgrund der relativen Konstanz der Zellengröße ein kleines Gehirn einfach wenige Neuronen enthält. Daher diene unser großer Körper als vorgängiges Requisit für die selbstbewußte Intelligenz.

Wir können das Argument sogar noch verschärfen und behaupten, daß die Menschen gerade etwa so groß sein mußten, wie sie sind, um so zu funktionieren, wie sie es tun. In einem amüsanten und provokativen Artikel (*American Scientist*, 1968) hat F. W. Went die Unmöglichkeit von menschlichem Leben, wie wir es kennen, in Ameisengröße erforscht (wobei er für den Augenblick annahm, wir könnten – was wir nicht können – das Problem von Intelligenz und kleiner Gehirngröße umgehen). Da das Gewicht so sehr viel schneller als die Oberfläche zunimmt, wenn ein Gegenstand größer wird, haben kleine Tiere sehr viel Oberfläche im Verhältnis zum Volumen: Sie leben in einer Welt, die von Oberflächenkräften beherrscht ist, die uns kaum beeinflussen (vgl. den vorhergehenden Essay).

Ein ameisengroßer Mensch könnte sich irgendwie anziehen, aber die Oberflächenadhäsion würde ihn hindern, sich auszuziehen. Die unterste Grenze der Tropfengröße würde das Duschen unmöglich machen; jeder Tropfen würde ihn mit der Kraft eines großen Findlings treffen. Wenn es unser Homunculus schaffen würde, naß zu werden, und nun versuchte, sich mit einem Handtuch zu trocknen, würde er für den Rest seines Lebens an diesem festkleben. Er könnte keine Flüssigkeit ausgießen und kein Feuer anmachen (denn eine stabile Flamme muß einige Millimeter hoch sein). Er könnte Blattgold so dünn schlagen, daß sich daraus ein seiner Größe entsprechendes Buch herstellen ließe, aber die Oberflächenadhäsion würde ihn daran hindern, darin zu blättern.

Unsere Fertigkeiten, unser Benehmen entsprechen genau unserer Größe. Wir könnten nicht doppelt so groß sein wie wir sind, denn die kinetische Energie eines Sturzes wäre dann 16- bis 32mal so groß, und allein unser (achtfach vergrößertes) Gewicht wäre mehr, als unsere Beine tragen könnten. Menschliche Riesen von 2,40 – 2,70 Meter sind

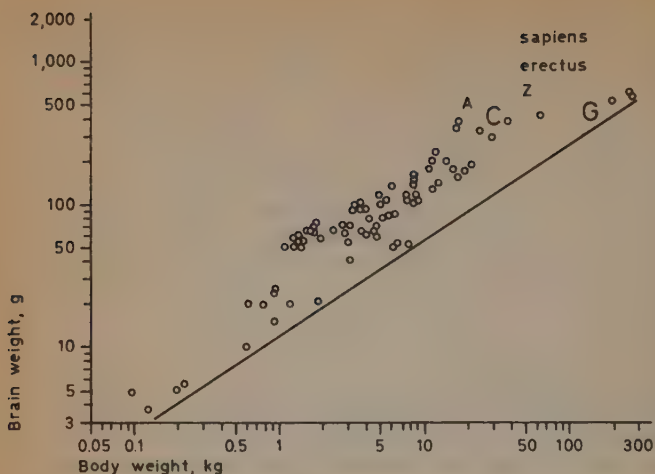
entweder jung gestorben oder waren früh verkrüppelt, weil ihre Gelenke oder Knochen versagten. Bei halbierte Größe hätten wir nicht genug Kraft, um große Tiere mit einer Keule zu erschlagen (denn die kinetische Energie würde 16- bis 32fach abnehmen); Speeren und Pfeilen könnten wir nicht genügend Geschwindigkeit mitgeben; mit primitiven Werkzeugen könnten wir kein Holz spalten oder Mineralien abbauen. Da all dies wesentliche Tätigkeiten in unserer Entwicklung waren, müssen wir schlußfolgern, daß der Weg unserer Evolution nur von einem Geschöpf in etwa unserer Größe gegangen werden konnte. Ich behaupte nicht, daß wir die beste aller möglichen Welten bewohnen, sondern nur, daß unsere Größe unsere Tätigkeiten begrenzt und zu einem großen Teil unsere Evolution gestaltet hat.

B Menschliche Gehirne

Ein durchschnittliches menschliches Gehirn wiegt etwa 1300 Gramm; um ein so großes Hirn zu behausen, haben wir runde, ballonförmige Köpfe, die sich von denen aller anderen Säugetiere unterscheiden. Können wir die Überlegenheit an der Schädelgröße abmessen?

Elefanten und Wale haben größere Gehirne als wir. Aber diese Tatsache vermittelt den größten Säugetieren keine geistige Überlegenheit. Größere Körper brauchen größere Gehirne, um ihre Aktivitäten zu koordinieren. Wir müssen einen Weg finden, um den verwirrenden Einfluß der Körpergröße aus unserer Berechnung fernzuhalten. Die Aufstellung eines einfachen Verhältnisses zwischen Gehirngewicht und Körpergewicht funktioniert nicht. Sehr kleine Säugetiere haben im allgemeinen verhältnismäßig größere Gehirne als Menschen; das heißt sie haben mehr Gehirn pro Einheit des Körpergewichts. Die Gehirngröße nimmt nicht mit der Körpergröße zu, sondern mit einer *langsameren Rate*.

Wenn wir das Gehirngewicht aller Arten erwachsener Säugetiere ins Verhältnis zu ihrem Körpergewicht setzen, finden wir, daß das Gehirngewicht mit etwa einem Drittel der Rate des Körpergewichts zunimmt. Da die Oberfläche ebenfalls mit etwa zwei Drittel des Körpergewichts zunimmt, schließen wir, daß das Gehirngewicht nicht vom Körpergewicht geregelt wird, sondern in erster Linie von der Körperoberfläche, die so vielen Nerven als Endpunkt dient. Dies bedeutet, daß große Tiere absolut größere Gehirne als Menschen haben können (weil ihre Körper größer sind), und daß kleine Tiere oft relativ größere Gehirne haben als Menschen (weil die Körpergröße rascher sinkt als die Gehirngröße).



Das korrekte Kriterium für die Bestimmung der Überlegenheit in der Größe unseres Gehirns. Die durchgezogene Linie stellt das durchschnittliche Verhältnis zwischen Gehirngewicht und Körpergewicht bei den Säugetieren überhaupt dar. Eine Überlegenheit in der Größe mißt sich an einer Abweichung von dieser Linie nach oben (also »mehr« Gehirn als ein durchschnittliches Säugetier derselben Größe). Die kleinen Kreise stellen Primaten dar (alle haben größere Gehirne als durchschnittliche Säugetiere). C ist der Schimpanse, G der Gorilla, A der fossile Hominide Australopithecus; »erectus« erstreckt sich über den Bereich des Homo erectus (Javamensch und Pekingmensch); »sapiens« hat die Reichweite der modernen Menschen. Unsere Gehirne haben die höchste positive Abweichung unter allen Säugetieren. (Genehmigter Nachdruck nach S. Szalay, *Approaches to primate Palaeobiology*, Contrib. Primat. Bd. 5, 1975, S. 267.)

Eine tabellarische Darstellung des Verhältnisses zwischen Gehirngewicht und Körpergewicht für erwachsene Säugetiere zeigt den Weg, der aus dem Paradox herausführt. Das richtige Kriterium ist weder die absolute noch die relative Gehirngröße – es besteht in der Differenz zwischen der tatsächlichen Gehirngröße und der erwarteten Gehirngröße bei gegebenem Körpergewicht. Um die Größe unseres Gehirns

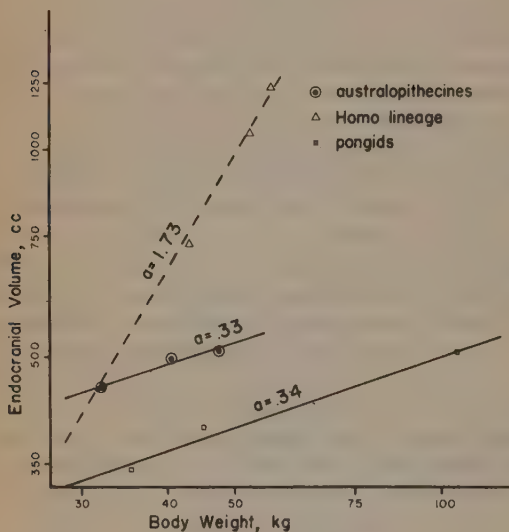
zu beurteilen, müssen wir sie mit der erwarteten Gehirngröße eines durchschnittlichen Säugetiers von unserer Größe vergleichen. Nach diesem Kriterium sind wir, wie wir mit Recht erwartet haben, bei weitem das hirnreichste Säugetier. Keine Spezies liegt so weit oberhalb der erwarteten Gehirngröße für durchschnittliche Säugetiere wie wir.

Dies Verhältnis zwischen Körpergewicht und Gehirngröße ermöglicht wichtige Einsichten in die Evolution unseres Gehirns. Unser afrikanischer Ahnherr (oder zumindest naher Cousin) *Australopithecus africanus* hatte als Erwachsener nur ein durchschnittliches Fassungsvermögen des Schädels von 450 Gramm. Gorillas haben oft größere Gehirne, und viele Autoritäten haben diese Tatsache benutzt, um auf die entschieden nichtmenschliche Mentalität von *Australopithecus* zu schließen. Ein neues Lehrbuch behauptet: »Der ursprüngliche zweifüßige Affenmensch Südafrikas hatte ein Gehirn, das kaum größer als das anderer Affen war, und besaß vermutlich entsprechende Verhaltensweisen.« Aber *A. africanus* wog nur 50 bis 90 Pfund (der weibliche und der männliche – nach der Berechnung des Anthropologen David Pilbeam aus Yale), während große männliche Gorillas bis zu 600 Pfund wiegen können. Wir können mit Sicherheit sagen, daß *Australopithecus* ein weit größeres Gehirn hatte als andere nichtmenschliche Primaten, wenn wir das korrekte Vergleichskriterium benutzen, also mit den zu erwartenden Werten bei gegebenem Körpergewicht operieren.

Inzwischen ist das menschliche Gehirn etwa dreimal so groß wie das von *Australopithecus*. Diese Zunahme hat man oft als das schnellste und wichtigste Ereignis in der Geschichte der Evolution angesehen. Aber unsere Körper haben ebenfalls erheblich an Größe zugenommen. Ist diese Vergrößerung des Gehirns einfach eine Folge der größeren Körper oder markiert sie eine höhere Stufe der Intelligenz?

Um diese Frage zu beantworten, habe ich eine Tabelle hergestellt, die das Verhältnis zwischen der Schädelkapazität und dem errechneten Körpergewicht für die folgenden fossilen Hominiden dargestellt (die möglicherweise unsere Abkunft darstellen): *Australopithecus africanus*; Richard Leakeys bemerkenswerten Fund mit einem Fassungsvermögen des Schädels von nahezu 800 cm³ und einem Alter von mehr als zwei Millionen Jahren (Gewicht geschätzt von David Pilbeam nach den Dimensionen der Oberschenkelknochen); *Homo erectus* aus Choukoutien (Pekingmensch); sowie für den modernen *Homo sapiens*. Das Schaubild zeigt, daß unser Gehirn wesentlich rascher

zugenommen hat, als irgendeine Vorhersage erlauben würde, die auf der Kompensation für die Körpergröße basiert. Meine Schlußfolgerung ist nicht originell, und sie stärkt ein Ego, dem es ganz gut bekommen würde, ein Stück von seiner Aufgeblasenheit loszuwerden. Nichtsdestoweniger hat unser Gehirn tatsächlich eine wirkliche Zunahme in der Größe erfahren, die nicht allein den Erfordernissen unseres größeren Körpers entspricht. Wir sind klüger, als man denken sollte.



Die evolutionäre Zunahme der menschlichen Gehirngröße (gestrichelte Linie). Die vier Dreiecke stellen eine grobe evolutionäre Folge dar: *Australopithecus africanus*, ER-1470 (Richard Leakeys neuer Fund mit einem Fassungsvermögen des Schädels von beinahe 800 cm³), *Homo erectus* (Pekingmensch) und *Homo sapiens*. Der Steigungswinkel ist der höchste, der je für eine evolutionäre Sequenz berechnet wurde. Die zwei durchgezogenen Linien zeigen üblichere Skalierungen der Gehirngröße, und zwar die der Australopithecinen (oben) und der großen Affen (unten). (Genehmigter Nachdruck nach David Pilbeam und Stephen Jay Gould, »Size and Scaling in Human Evolution«, *Science*, Bd. 186, S. 892–901, Fig. 2, 6. Dez. 1974.)

Die Natur gibt die Geheimnisse ihrer Vergangenheit nur äußerst zögerlich preis. Wir Paläontologen spinnen unsere Geschichten aus schlecht erhaltenen fossilen Fragmenten in den unvollständigen Sequenzen, die sich in Ablagerungsgesteinen finden. Die meisten Säugetiere sind nur durch ihre Zähne bekannt – der härtesten Substanz in unserem Körper – sowie durch ein paar verstreute Knochen. Ein berühmter Paläontologe bemerkte einmal, die Geschichte der Säugetiere, wie sie aus den Fossilien bekannt ist, bestehe im wesentlichen darin, Zähne zu paaren, um leicht modifizierte Abstammungszähne hervorzubringen.

Wir freuen uns über die seltene Überlieferung weicher Teile – Säugetiere, die ins Eis eingefroren sind, oder Insektenflügel, die als verkohlte Filme auf Tonschiefer erhalten sind. Aber die meisten Informationen über die Weichteil Anatomie der Fossilien stammt nicht aus solchen seltenen Zufällen, sondern aus den Beweisen, die die Knochen selbst abgeben – die Insertionsspalten der Muskeln und die Löcher, durch welche die Nerven hindurchgehen. Wenn ein Wirbeltier stirbt, verwest sein Gehirn rasch, aber das entstehende Loch kann sich mit Ablagerungen füllen, die hart werden und einen natürlichen Schutz bilden. Diese Füllung braucht nichts von der inneren Struktur des Gehirns erhalten, ihre Größe und Oberflächenstruktur aber kann das Original sorgfältig kopieren.

Leider können wir jedoch das Volumen einer fossilen Füllung nicht einfach als verlässliches Maß für die Intelligenz eines Tieres benutzen; so bequem geht es in der Paläontologie nicht zu. Wir müssen vielmehr zwei Probleme berücksichtigen.

Zunächst, was bedeutet die Gehirngröße? Korreliert sie mit der Intelligenz? Es gibt keinen Beweis für irgendeine Beziehung zwischen der Intelligenz und der normalen Variationsbreite der Gehirngröße *innerhalb* einer Art (voll funktionierende menschliche Gehirne reichen von weniger als 1000 bis zu mehr als 2000 cm³). Die Variation zwischen den Individuen innerhalb einer Gattung ist indessen nicht dasselbe Phänomen wie die Variation der Durchschnittswerte für verschiedene Arten. Wir müssen annehmen, daß zum Beispiel der Durchschnittsunterschied zwischen der Gehirngröße von Menschen und Thunfischen in irgendeinem Zusammenhang mit einem bedeutungsvollen Begriff von Intelligenz steht. Was könnten Paläontologen im übrigen sonst auch tun? Wir müssen mit dem arbeiten, was wir haben, und die Gehirngröße ist fast alles, was wir haben.

Zweitens ist der wesentliche determinierende Faktor der Gehirngröße nicht die geistige Befähigung, sondern die Körpergröße. Ein großes Hirn spiegelt unter Umständen nichts anderes wider als die Bedürfnisse eines großen Körpers, der es behauste. Überdies ist auch das Verhältnis von Körpergröße und Gehirngröße nicht so einfach (vgl. den vorhergehenden Essay). Je größer ein Tier wird, desto kleiner ist die Wachstumsrate des Gehirns. Kleine Tiere haben relativ große Gehirne; das heißt ihr Gehirngewicht macht einen großen Anteil des Körpergewichts aus. Wir müssen einen Weg finden, den Einfluß der Körpergröße auszuschalten. Dies geschieht durch die Aufstellung einer Gleichung für das »normale« Verhältnis von Körpergewicht und Gehirngewicht.

Wenn wir etwa Säugetiere untersuchen, stellen wir eine Liste des durchschnittlichen Gehirn- und Körpergewichts für ausgewachsene Tiere so vieler verschiedener Arten wie möglich auf. Diese Arten bilden die Punkte in unserem Schaubild; die Gleichung, die ihnen entspricht, zeigt, daß das Gehirngewicht etwa mit einer Rate von zwei Dritteln der Rate des Körpergewichts zunimmt. Nun können wir das Gehirngewicht jeder gegebenen Spezies mit dem Gehirngewicht eines durchschnittlichen Säugetiers desselben Körpergewichts vergleichen. Dieser Vergleich schaltet den Einfluß der Körpergröße aus. Ein Schimpanse zum Beispiel hat ein durchschnittliches Gehirngewicht von 395 Gramm. Ein durchschnittliches Säugetier seines Körpergewichts sollte gemäß unserer Gleichung ein Gehirn von 152 Gramm haben. Das Gehirn des Schimpansen ist also 2,6mal so schwer, wie es sein »sollte« ($395/152$). Dies Verhältnis von tatsächlicher zu erwarteter Hirngröße können wir den »Enzephalisierungsquotienten« nennen; Werte, die größer als 1 sind, bedeuten überdurchschnittlich große Gehirne; Werte unter 1 markieren unterdurchschnittlich kleine Gehirne.

Aber diese Methode bringt neue Schwierigkeiten für die Paläontologie mit sich. Wir müssen nun nicht nur das Gehirngewicht, sondern auch das Körpergewicht schätzen. Vollständige Skelette sind äußerst selten, und die Schätzungen werden oft auf der Grundlage einiger weniger Hauptknochen angestellt. Um die Sache noch weiter zu erschweren, haben nur Vögel und Säugetiere Gehirne, die ihre Schädelhöhlen vollständig ausfüllen. In diesen Gruppen reproduziert eine Gehirnfüllung genau die Größe und Form des Gehirns. Aber bei Fischen, Amphibien und Reptilen nimmt das Gehirn nur Teile der Höhle in Anspruch, und die zum Fossil gewordene Füllung ist größer als das tatsächliche Gehirn. Wir müssen abschätzen, welchen Teil der

Füllung das Gehirn im Leben eingenommen haben mag. Und dennoch, trotz dieser Überfülle an Schwierigkeiten, Annahmen und Schätzungen sind wir in der Lage, eine zusammenhängende und aufregende Geschichte der Evolution der Gehirngröße bei Wirbeltieren zu entwerfen und sogar zu verifizieren.

Der kalifornische Psychologe Harry J. Jerison hat vor kurzem alle Beweise – von denen er viele selbst in der Arbeit eines Jahrzehnts zusammengetragen hat – in einem Buch mit dem Titel *The Evolution of the Brain and Intelligence* gesammelt (New York, Academic Press, 1973).

Jerisons Hauptthema ist ein Angriff auf die übliche Vorstellung, die Klassen der Wirbeltiere ließen sich in einer Stufenleiter der Vervollkommnung anordnen, die von den Fischen über die Zwischenstufen von Amphibien, Reptilen und Vögeln zu den Säugetieren führen würde. Jerison zieht eine funktionale Betrachtungsweise vor, welche die Gehirnmenge ins Verhältnis zu den besonderen Erfordernissen der Lebensweise setzt, nicht zu irgendeiner vorgegebenen oder inhärenten Tendenz zur Zunahme im Laufe der Evolution. Der potentielle »Körper-Gehirn-Raum« der zeitgenössischen Wirbeltiere ist nur in zwei Bereichen gefüllt: in dem der warmblütigen Wirbeltiere (Vögel und Säugetiere) und in dem ihrer kaltblütigen Verwandten (Fische, Amphibien und moderne Reptile). (Haie stellen die einzige Ausnahme von dieser Regel dar. Ihre Gehirne sind viel zu groß – eine ziemliche Überraschung bei diesen angeblich »primitiven« Fischen, aber davon später mehr). Warmblütige Wirbeltiere haben sicherlich größere Gehirne als ihre kaltblütigen Verwandten von gleicher Körpergröße, doch gibt es keinen stetigen Fortschritt auf höhere Stadien hin, nur eine Korrelation zwischen der Hirngröße und der grundlegenden Physiologie. Jerison glaubt, daß die Säugetiere ihre großen Gehirne entwickelten, um spezifischen funktionalen Anforderungen zu genügen, die ihr ursprüngliches Dasein als kleine Geschöpfe im Konkurrenzkampf am Rande einer von Dinosauriern beherrschten Welt mit sich brachte. Er verweist darauf, daß die ersten Säugetiere eine nächtliche Lebensweise führten und größere Gehirne brauchten, um die Gehörs- und Geruchswahrnehmungen in räumliche Muster zu übersetzen, welche Tagtiere allein durch das Sehen erkennen können. Jerison stellt in diesem Rahmen eine Vielfalt von interessanten Leckerbissen vor. Ich hasse es, einem bequemen Spruch des überlieferten Dogmas zu widersprechen, aber ich muß berichten, daß die Dinosaurier keine kleinen Gehirne hatten – sie hatten genau die richtigen Gehirne für Reptile von ihren immensen Ausmaßen. Wir

hätten von Brontosaurus gar nicht mehr erwarten können, denn große Tiere haben relativ kleine Gehirne, und Reptile haben bei jedem Körpergewicht kleinere Hirne als Säugetiere.

Der Abstand zwischen den warm- und den kaltblütigen modernen Wirbeltieren wird durch fossile Zwischenformen säuberlich gefüllt. Archäopteryx, der erste Vogel, ist aus weniger als einem halben Dutzend Exemplaren bekannt, aber eins von ihnen hat eine wohl erhaltene Gehirnfüllung. Diese Zwischenform mit Federn, aber Reptilzähnen hat ein Gehirn, dessen Größe richtig in der Mitte des leeren Bereichs zwischen modernen Reptilen und Vögeln liegt. Die primitiven Säugetiere, die sich so rasch entwickelten, nachdem die Dinosaurier ausgestorben waren, hatten ein Gehirn von mittlerer Größe zwischen Reptilen und modernen Säugetieren von entsprechendem Körpergewicht.

Wir fangen jetzt sogar an, den Mechanismus dieser evolutionären Zunahme der Gehirngröße zu verstehen, indem wir eine der Feedback-Schleifen nachzeichnen, die sie anregte. Jerison fütterte einen Computer mit den Enzephalisierungsquotienten von Fleischfressern und ihren mutmaßlichen Opfern unter den pflanzenfressenden Huftieren in vier getrennten Gruppen: »altertümliche« Säugetiere des unteren Tertiär (das Tertiär ist der Tradition nach das »Zeitalter der Säugetiere« und umfaßt die letzten 70 Millionen Jahre der Erdgeschichte); »fortgeschrittene« Säugetiere des unteren Tertiär; Säugetiere des mittleren bis oberen Tertiär; und moderne Säugetiere. Dabei ist daran zu erinnern, daß ein Enzephalisierungsquotient von 0,1 die zu erwartende Gehirngröße eines durchschnittlichen modernen Säugetiers bedeutet.

| | Pflanzenfresser | Fleischfresser |
|-----------------------------------|-----------------|----------------|
| Unteres Tertiär (altertümlich) | 0,18 | 0,44 |
| Unteres Tertiär (fortgeschritten) | 0,38 | 0,61 |
| Mittleres bis oberes Tertiär | 0,63 | 0,76 |
| Gegenwart | 0,95 | 1,10 |

Sowohl Pflanzenfresser als auch Fleischfresser zeigen eine kontinuierliche Vergrößerung des Gehirns während ihrer Evolution, aber in jedem Stadium standen die Fleischfresser an der Spitze. Tiere, die davon leben, eine sich rasch bewegende Beute zu fangen, scheinen größere Gehirne zu benötigen als Pflanzenfresser. Und als die Gehirne der Pflanzenfresser größer wurden (vermutlich unter dem intensiven selektiven Druck, den ihre fleischfressenden Verfolger

ausübten), entwickelten auch die Fleischfresser größere Gehirne, um den Unterschied aufrechtzuerhalten.

Südamerika stellt ein Experimentierfeld der Natur zur Verfügung, um diese Behauptung zu überprüfen. Bevor sich vor erst zwei Millionen Jahren der Isthmus von Panama aus dem Meer erhob, war Südamerika ein isolierter Inselkontinent. Nie erreichten diese Insel fortgeschrittene Fleischfresser, die Verfolgerrolle wurde von fleischfressenden Beuteltieren mit niedrigem Enzephalisierungsquotienten ausgefüllt. Hier zeigen die Pflanzenfresser im Ablauf der Zeit keine Zunahme der Gehirngröße. Ihr durchschnittlicher Enzephalisierungsquotient verblieb während des gesamten Tertiär unter 0,5; überdies wurden die einheimischen Pflanzenfresser rasch ausgerottet, als fortgeschrittene Fleischfresser aus Nordamerika über den Isthmus kamen. Wiederum erweist sich die Gehirngröße als eine funktionale Adaption an die Lebensbedingungen, nicht als eine Quantität mit einer inhärenten Tendenz zur Zunahme. Wenn wir ein Wachstum verzeichnen, können wir es auf die spezifischen Erfordernisse ökologischer Rollen beziehen. Daher brauchen wir uns auch nicht zu wundern, daß die »primitiven« Haie so große Gehirne haben, sind sie doch schließlich die Spitzenfleischfresser des Ozeans, und die Hirngröße spiegelt eben eine Lebensweise wider, nicht den Zeitpunkt des evolutionären Ursprungs. Entsprechend hatten auch fleischfressende Dinosaurier wie Allosaurus und Tyrannosaurus größere Gehirne als pflanzenfressende wie Brontosaurus.

Aber wie steht es mit unserem Hauptinteresse an uns selbst; gibt es in der Geschichte der Wirbeltiere irgendeine Erklärung dafür, warum eine besondere Art derart viel Hirn entwickelte? Diese Frage gibt zum Schluß noch einmal zu denken. Die älteste Hirnfüllung eines Primaten gehört zu einem 55 Millionen Jahre alten Geschöpf namens *Tetionius homunculus*. Jerison hat seinen Enzephalisierungsquotienten auf 0,68 berechnet. Das sind natürlich nur zwei Drittel der Größe bei einem durchschnittlichen *lebenden* Säugetier des gleichen Körpergewichts, aber es handelt sich bei weitem um das größte Gehirn jener Zeit (im Verhältnis zum Körpergewicht); tatsächlich ist es mehr als dreifach so groß wie das eines durchschnittlichen Säugetiers jener Periode. Primaten standen also von vornherein an der Spitze; unser großes Gehirn ist bloß die Übertreibung eines Musters, das sich schon zu Beginn des Zeitalters der Säugetiere findet. Aber wie kam es zur Evolution eines so großen Gehirns bei einer Gruppe von kleinen, primitiven, baumbewohnenden Säugetieren, die eher Ratten oder Spitzmäusen ähnelten als den Säugetieren, die man gemeinhin für fortgeschrittener hält?

Und mit dieser provokanten Frage beende ich diesen Essay, denn wir kennen einfach keine Antwort auf die wichtigste Frage, die wir stellen können.

24 Größe und Oberfläche von Planeten

Charles Lyell drückte den Leitgedanken seiner geologischen Revolution in keineswegs unbestimmten Begriffen aus. Im Jahre 1829 schrieb er an seinen Kollegen und wissenschaftlichen Opponenten Roderich Murchison:

Meine Arbeit . . . wird danach trachten, das *Prinzip des vernünftigen Folgerns* in der Wissenschaft durchsetzen . . . , daß von den frühesten Zeiten an, auf die wir zurückblicken können, bis zur Gegenwart *keine irgendwie gearteten Ursachen* jemals gewirkt haben als diejenigen, die jetzt wirken; und daß sie niemals in anderen Stärken der Energie gewirkt haben als sie heute wirken.

Die Doktrin von den langsamen, stetigen, im wesentlichen gleichförmigen Raten des Wandels hatte einen tiefgreifenden Einfluß auf das Denken des 19. Jahrhunderts. Darwin nahm sie dreißig Jahre später an, und seitdem haben die Paläontologen in den fossilen Spuren stets nach Fällen langsamer und stetiger Evolution gesucht. Aber wo lag der Ursprung von Lyells Vorliebe für graduellen Wandel?

Alle kosmischen Verallgemeinerungen haben komplexe Verwurzelungen. Teilweise »entdeckte« Lyell bloß sein eigenes politisches Vorurteil in der Natur – wenn die Erde verkündet, jede Veränderung habe langsam und in kleinen Schritten vorzugehen, belastet mit dem Gewicht lang vergangener Ereignisse, dann können auch die Liberalen in einer zunehmend von sozialer Unruhe bedrohten Welt beruhigt sein. Die Natur ist indessen keine leere Bühne, auf der die Wissenschaftler ihre Vorlieben ausspielen können; die Natur spricht zurück. Viele Kräfte, die die Oberfläche unseres Planeten gestalten, wirken langsam und kontinuierlich. Lyell konnte die Ansammlung von Schlick am Boden eines Flußbettes messen und die allmähliche Erosion von Hügelgipfeln. Obwohl Lyells Aktualismus in seiner Formulierung viel zu extrem ist, beschrieb er doch einen großen Teil der Erdgeschichte.

Die graduellen Prozesse unseres Planeten verdanken sich der Tätigkeit dessen, was meine Kollegen Frank Press und Raymond Siever die äußere und die innere Wärmemaschine der Erde nennen. Unsere Sonne versieht die äußere Maschine mit Kraft, aber ihr Einfluß hängt

von der Erdatmosphäre ab. Press und Siever schreiben:

Die Sonnenenergie treibt die Atmosphäre in ein komplexes System von Winden, die unser Klima und Wetter verursachen, und sie treibt die Zirkulation des Ozeans in ein System, das mit der Atmosphäre gekoppelt ist. Wasser und Gas des Ozeans und der Atmosphäre reagieren chemisch mit der festen Oberfläche, und physikalisch befördern sie Stoffe von einer Stelle an die andere.

Die meisten dieser Prozesse wirken schrittweise, nach der klassischen Vorstellung von Lyell; ihre gewaltigen Ergebnisse verdanken sich der Anhäufung winziger Veränderungen. Fließendes Wasser spült das Land fort; Dünen wandern über Wüsten; Wellen zerstören an manchen Orten die Küstenlinie; während Strömungen den Sand beibringen, um sie an anderer Stelle vorzuschieben.

Die Hitze, die beim radioaktiven Zerfall entsteht, stellt die Kraft der inneren Maschine dar. Einige von ihren Auswirkungen – Erdbeben und Vulkanausbrüche zum Beispiel – fallen uns als plötzlich und katastrophal auf, aber der zu Grunde liegende Prozeß, der erst vor zehn Jahren entdeckt wurde, muß für Lyells Schatten im Jenseits ein Vergnügen sein. Die innere Hitze setzt die Oberfläche der Erde in Bewegung und treibt die Kontinente auseinander, in winzigen Raten von Zentimetern pro Jahr. Diese graduelle Bewegung hat im Verlauf von 200 Millionen Jahren das einzige Stück Land Pangäa in unsere heutigen, weit verstreuten Kontinente aufgeteilt.

Aber unter den anderen inneren Planeten unseres Sonnensystems, Merkur, Mars und Mond, ist unsere Erde entschieden atypisch. (Ich lasse Venus weg, weil wir fast nichts über ihre Oberfläche wissen; eine einzige russische Sonde ist erfolgreich in ihre dichte Atmosphäre eingedrungen und hat nur zwei mehrdeutige Fotos zurückgeschickt. Ich lasse auch Jupiter und die großen Planeten jenseits von ihm weg. Sie sind so viel größer und weniger dicht als die inneren Planeten, daß sie zu einer ganz anderen Klasse von kosmischen Körpern gehören.) Kein Geologe, wo auch immer seine Vorlieben liegen, hätte auf der Oberfläche eines inneren Planeten außer der Erde die Lehre von der Gleichförmigkeit predigen können.

Die Oberflächen von Mars, Merkur und unserem Mond werden von Kratern beherrscht, welche durch eine Bombardierung mit Meteoriten entstanden sind. Die Oberfläche von Merkur ist wirklich kaum etwas anderes als ein Feld von dicht gehäuften und übereinandergepackten Kratern. Die Oberfläche des Mondes ist in zwei große Gebiete aufgeteilt: dicht mit Kratern versehene Hochflächen und mit weniger Kratern ausgestattete Maria (»Meere« aus basaltischer

Lava). Der Aktualismus von Lyell, der sich so gut auf unsere Erde anwenden läßt, kann unmöglich die Geschichte unserer Nachbarplaneten beschreiben.

Die Geschichte unseres Mondes etwa wurde anhand der Daten, welche die Apollo-Missionen erbrachten, von dem Geologen W. Ian Ridley von der Columbia-Universität folgendermaßen abgeleitet und zusammengefaßt: Die Rinde des Mondes verfestigte sich vor mehr als vier Milliarden Jahren. Vor etwa 3,9 Milliarden Jahren war die größte Periode der Bombardierung durch Meteoriten zu Ende, die »Meerbecken« waren ausgehöhlt und die größten Krater gebildet. In der Zeit vor 3,1 bis 3,8 Milliarden Jahren brachte radioaktiv erzeugte Hitze die Basalt-Lava hervor, welche die Becken füllte. Dann konnte die Erzeugung neuer Wärme ihren Verlust an der Mondoberfläche nicht mehr ausgleichen, und die Rinde verhärtete sich; vor 3,1 Milliarden Jahren wurde die Rinde zu dick, um den Durchbruch weiteren Basalts zu erlauben, und es endete jegliche Aktivität an der Mondoberfläche. Seitdem ist kaum etwas geschehen, außer dem sehr seltenen Einschlag eines größeren Meteoriten und dem permanenten Aufprall von sehr kleinen Meteoriten.

Wir sehen den Mond heute ziemlich genau so, wie er vor drei Milliarden Jahren aussah. Er hat keine Atmosphäre, welche die Stoffe an seiner Oberfläche erodieren und befördern könnte, und er kann die innere Hitze nicht produzieren, die aufschäumen und sein Aussehen verändern würde. Der Mond ist nicht tot, aber er ist zur Ruhe gekommen. Die Konzentration von Mondbeben bei 800–1000 Kilometer unter seiner Oberfläche läßt eine feste Rinde dieser Stärke vermuten, wogegen die Lithosphäre der Erde nur ungefähr 70 Kilometer mißt. Eine teilweise geschmolzene Zone mag unter der Mondrinde existieren, aber sie liegt zu tief, um die Oberfläche zu beeinflussen. Die Oberfläche des Mondes ist antik, und ihre Spuren erzählen die Geschichte von Katastrophen – starken Meteoriten und aufquellender Lava. Ihre Frühgeschichte war von gewaltsamem Wandel gekennzeichnet, ihre letzten drei Milliarden Jahre wahrscheinlich von fast gar nichts.

Warum unterscheidet sich die Erde so stark von ihren Nachbarn, warum verzeichnet sie eine Geschichte, die zum großen Teil von kumulativen, graduellen Prozessen gekennzeichnet ist und nicht von einstigen Katastrophen? Manche Leser mögen versucht sein, zu glauben, die Antwort liege in irgendeinem komplizierten Unterschied der Zusammensetzung. Aber soweit wir wissen, sind alle inneren Planeten einander in der Dichte und im mineralogischen Stoff grund-

legend gleich. Ich möchte darlegen, daß der Unterschied in einem entwaffnend einfachen Faktum begründet ist – *in der Größe selbst und in nichts anderem*: Die Erde ist erheblich größer als ihre Nachbarn. Galilei hat als erster die fundamentale Relevanz der Größe bei der Determinierung von Gestalt und Wirkungsweise physikalischer Gegenstände diskutiert (vgl. Essay 21 und 22). Es ist eine Grundtatsache der Geometrie, daß große Körper nicht dem selben Gleichgewicht von Kräften unterworfen sind wie kleine Körper derselben Gestalt (alle Planeten sind notwendig von grob kugelförmiger Gestalt). Wenn man nun das Verhältnis zwischen Oberfläche und Volumen bei zwei Kugeln mit verschiedenen Radien bedenkt, so wird die Oberfläche durch einen konstanten Faktor des Radius im Quadrat gemessen, das Volumen hingegen durch einen anderen konstanten Faktor des Radius in der dritten Potenz. Infolgedessen nimmt das Volumen rascher zu als die Oberfläche, wenn Gegenstände von gleicher Gestalt größer werden.

Ich vermute, daß Lyells Einsicht ein zufälliges Ergebnis des relativ niedrigen Oberflächen-Volumen-Verhältnisses der Erde ist und keineswegs ein allgemeines Charakteristikum jeglichen Wandels, wie er wohl glaubte. Wir nehmen zunächst einmal an, daß die Frühgeschichte der Erde sich nicht wesentlich von der ihrer Nachbarn unterschied. Zu irgendeiner Zeit muß unser Planet von einer Menge von Kratern übersät gewesen sein. Aber sie wurden bereits vor Milliarden von Jahren beseitigt, zerstört von den beiden Wärmemaschinen der Erde: von der inneren weggeschwemmt (zu Gebirgen erhoben, von Lava bedeckt oder durch Subduktion an den abschüssigen Grenzen der lithosphärischen Platten im Erdinnern begraben) oder durch die atmosphärische oder wäßrige Erosion mittels der äußeren Maschine rasch abgetragen.

Diese beiden Wärmemaschinen wirken nur, weil die Erde groß genug ist, um eine relativ große Oberfläche und zugleich ein starkes Gravitationsfeld zu besitzen. Merkur und der Mond haben weder eine Atmosphäre noch eine aktive Oberfläche. Die äußere Maschine braucht eine Atmosphäre, um zu funktionieren. Newtons Gleichung verbindet die Schwerkraft direkt mit der Masse zweier Körper und dem Quadrat der Entfernung zwischen ihnen. Um die Gravitationskraft zu berechnen, die ein Wasserdampfmolekül auf der Erde und auf dem Mond festhält, brauchen wir nur die Masse des Planeten in Betracht zu ziehen (da die Masse des Moleküls konstant ist) und die Entfernung von der Oberfläche des Planeten zu seinem Zentrum. Wenn der Planet größer wird, nimmt seine Masse mit der dritten

Potenz seines Radius zu, während die quadrierte Entfernung von der Oberfläche zum Zentrum einfach das Quadrat des Radius ist. Wenn also ein Planet größer wird, nimmt die Schwerkraft, die auf einen atmosphärischen Partikel wirkt, wie r^3/r^2 zu (wobei r der Radius des Planeten ist). Auf dem Mond und dem Merkur ist diese Anziehungskraft zu schwach, um eine Atmosphäre festzuhalten; selbst die schwersten Partikel verharren nicht lange. Die Schwerkraft der Erde aber ist hinreichend stark, um eine große, dauerhafte Atmosphäre festzuhalten, die als Medium für die äußere Wärmemaschine dient. Die innere Hitze wird im ganzen Volumen des Planeten radioaktiv hervorgebracht. An seiner Oberfläche wird sie in den Raum abgestrahlt. Kleine Planeten mit ihrem hohen Anteil an Oberfläche im Verhältnis zum Volumen verlieren rasch ihre Hitze und verhärten ihre äußeren Schichten bis in eine große Tiefe hinab. Größere Planeten bewahren ihre Hitze sowie eine gewisse Beweglichkeit der Oberfläche.

Der ideale Testfall für diese Hypothese wäre ein Planet von mittlerer Größe, denn wir sagten vorher, daß ein solcher Körper eine Mischung aus den frühen Katastrophen und den graduellen Prozessen aufweisen würde. Freundlicherweise hat der Mars die passende Größe, in der Mitte zwischen der Erde und unserem Mond oder dem Merkur. Etwa die Hälfte der Marsoberfläche weist Krater auf; der Rest spiegelt die ziemlich eingeschränkte Tätigkeit einer inneren und einer äußeren Hitzemaschine wider. Im Verhältnis zur Erde ist die Schwerkraft des Mars schwach, aber sie ist stark genug, um eine kleine Atmosphäre festzuhalten (etwa zweihundertmal dünner als die unsrige). Höhenwinde überqueren die Marsoberfläche, und man hat Dünenfelder beobachtet. Die Beweise für eine Erosion durch Feuchtigkeit sind noch eindrucksvoller, wenngleich ein bißchen geheimnisvoll, wenn man die geringen Mengen an Wasserdampf in der Atmosphäre des Mars bedenkt. (Das Geheimnis ist erheblich lösbarer geworden, nachdem man entdeckt hat, daß die Polkappen des Mars vorwiegend aus gefrorenem Wasser bestehen, nicht aus Kohlendioxyd, wie zuvor vermutet wurde. Es scheint auch wahrscheinlich, daß eine beträchtliche Menge Wasser gefroren als Permafrost auf dem Marsboden liegt. Carl Sagan hat mir Fotografien von relativ kleinen Kratern mit zipfelförmigen Ausdehnungen in allen Richtungen gezeigt. Diese Formen lassen sich kaum anders denn als verflüssigter Schlamm deuten, der infolge eines lokalen Schmelzvorgangs des Permafrost nach einem Einschlag abgeflossen ist. Sie können nicht aus Lava bestehen, weil die Meteoriten, welche die Krater bildeten, zu klein

waren, um beim Aufprall genügend Hitze zu erzeugen, die Gestein zum Schmelzen hätte bringen können.)

Auch für die innere Hitze gibt es zahlreiche (und ziemlich spektakuläre) Beweise, während sie zugleich nach den neueren Spekulationen mit den Prozessen in Zusammenhang gebracht wird, welche die Platten der Erde bewegen. Der Mars hat eine vulkanische Provinz mit riesigen Bergen, die alles auf der Erde übertreffen. Der Mons Olympus erhebt sich auf einer Basis von 500 Kilometern, ist acht Kilometer hoch und hat einen Krater mit einem Durchmesser von siebenzig Kilometern. Das nahegelegene Vallis Marineris läßt jede Schlucht auf der Erde zwergenhaft erscheinen: es ist 120 Kilometer breit, sechs Kilometer tief und über 5000 Kilometer lang.

Daraus ergibt sich nun die Spekulation vieler Geologen: Sie meinen, die Platten der Erde würden von Federn aus Hitze und geschmolzenen Stoffen bewegt, die aus dem tiefsten Innern der Erde aufsteigen (vielleicht sogar vom Rand des Kernmantels her, der 3200 Kilometer unter der Oberfläche liegt). Diese Federn steigen als relativ festgelegte »heiße Stellen« an der Oberfläche auf, und die Platten der Erde gleiten auf den Federn. Die Inseln von Hawaii zum Beispiel sind eine im wesentlichen lineare Kette, die mit zunehmendem Alter nach Nordwesten anwächst. Wenn die pazifische Platte sich über eine fixierte Feder bewegt, könnten die Inseln von Hawaii eine nach der anderen entstanden sein.

Der Mars mit seiner mittleren Größe sollte dynamischer als der Mond sein, aber weniger dynamisch als die Erde. Die Rinde des Mondes ist zu dick, um sich überhaupt zu bewegen; die innere Wärme kann seine Oberfläche nicht erreichen. Die Erdrinde ist dünn genug, um in Platten zu zerbrechen und sich kontinuierlich zu bewegen. So läßt sich annehmen, daß die Rinde des Mars dünn genug ist, um Hitze aufsteigen zu lassen, aber zu dick, um auseinanderzubrechen und sich stärker zu bewegen. Und weiterhin, daß auf dem Mars wie auf der Erde Federn existieren. Der riesige Mons Olympus könnte den Ort einer Feder darstellen, die sich unter einer unbeweglichen Rinde erhebt – Mons Olympus wäre also gewissermaßen alle Inseln von Hawaii, übereinandergetürmt. Und das Vallis Marineris könnte einen erfolglosen »Versuch« zur Plattentektonik darstellen – die Rinde brach, konnte sich aber nicht bewegen.

Im besten Falle ist die Wissenschaft vereinheitlichend. Es begeistert meine intellektuelle Phantasie, zu denken, daß eben dasselbe Prinzip, dem eine Fliege an meiner Decke gehorcht, auch die Besonderheit unserer Erde unter den inneren Planeten bestimmt (Fliegen als sehr

kleine Tiere haben einen hohen Anteil an Oberfläche im Verhältnis zum Volumen; daher sind die Gravitationskräfte, die auf das Volumen wirken, nicht stark genug, um die Oberflächenadhäsion zu überwinden, welche die Füße der Fliege an der Decke festhält). Mit einer planetarischen Metapher bemerkte Pascal einmal, das Wissen sei wie eine Kugel im Raum, je mehr wir lernen – das heißt, je größer die Kugel wird –, desto größer wird unser Kontakt mit dem Unbekannten (die Oberfläche des Planeten). Das ist schon wahr – aber man bedenke das Verhältnis von Oberflächen und Volumina! Je größer die Kugel, desto größer der Anteil des Bekannten (des Volumens) im Verhältnis zum Unbekannten (der Oberfläche). Mein absolut vergrößertes Unwissen gedeiht bei relativ vergrößertem Wissen.

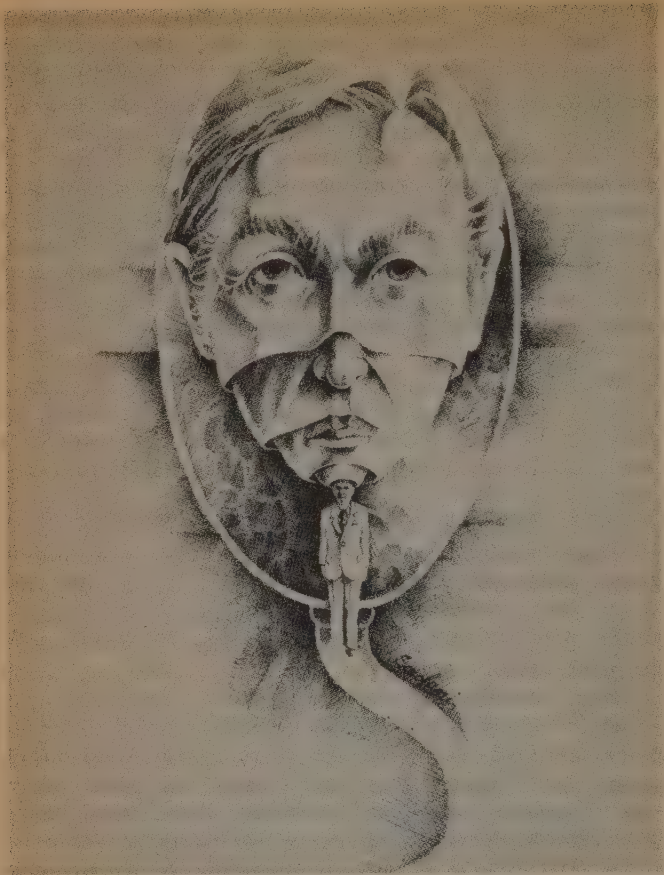
VII DIE NATURWISSENSCHAFT IN DER GESELLSCHAFT – EINE HISTORISCHE BETRACHTUNG

25 *Von Helden und Narren in der Naturwissenschaft*

Als romantischer Jüngling vermeinte ich, mein zukünftiges Dasein als Naturwissenschaftler wäre gerechtfertigt, wenn ich ein einziges neues Faktum entdecken und einen Baustein zum strahlenden Tempel des menschlichen Wissens beitragen könne. Die Überzeugung war edel; die Metapher ziemlich albern. Aber auch heute noch beherrscht jene Metapher die Einstellung vieler Wissenschaftler zu ihrem Gegenstand.

Nach dem überlieferten Modell des wissenschaftlichen »Fortschritts« fangen wir in abergläubischem Unwissen an und schreiten durch die sukzessive Anhäufung von Tatsachen auf die letztendliche Wahrheit zu. Aus dieser selbstgefälligen Perspektive enthält die Wissenschaftsgeschichte kaum mehr als anekdotisch Interessantes – denn sie kann nur frühere Irrtümer verzeichnen und einige der Steinträger für ihre intuitiven Ahnungen der letzten Wahrheit loben. Sie ist so durchsichtig wie ein altmodisches Melodram: Die Wahrheit (wie wir sie heute sehen) ist der einzige Schiedsrichter, und die Welt der früheren Wissenschaftler ist aufgeteilt in die Guten, die recht hatten, und die Bösen, die unrecht hatten.

Die Wissenschaftshistoriker haben im Laufe des letzten Jahrzehnts dies Modell aufs Äußerste erschüttert. Die Naturwissenschaft ist keine herzlose Suche nach objektiver Information. Sie ist eine kreative menschliche Tätigkeit, ihre Genies handeln eher wie Künstler als wie Informationsprozessoren. Ein Wandel der Theorie ist nicht einfach das abgeleitete Ergebnis neuer Entdeckungen, sondern das Werk kreativer Einbildungskraft unter dem Einfluß zeitgenössischer gesellschaftlicher und politischer Kräfte. Die Vergangenheit sollten wir nicht durch die anachronistisch gefärbte Brille unserer eigenen Überzeugungen betrachten – und damit jene Wissenschaftler als Helden bezeichnen, deren Ansichten wir nach Kriterien für richtig halten, die nichts mit ihren eigenen Angelegenheiten zu tun haben. Wir sind einfach albern, wenn wir Anaximander (6. Jhrdt. v. Chr.) einen Evolutionisten nennen, weil er im Zuge seiner Argumentation für die primäre Rolle des Wassers unter den vier Elementen annahm, das Leben sei anfänglich im Meer entstanden; aber die meisten Lehrbücher sprechen ihm immer noch dies Verdienst zu.



(Joseph Scrofani. Nachdruck mit Erlaubnis des Magazins National History, August–September 1974. © The American Museum of Natural History, 1974.)

In diesem Essay möchte ich die berühmtesten Lehrbuchbösewichter heranziehen und die These darlegen, daß ihre Theorie sowohl in ihrer Zeit vernünftig war als auch in der unseren erhellend ist. Unsere

Schurken sind die »Präformationisten« des 18. Jahrhunderts, die Anhänger einer veralteten Embryologie. Laut Lehrbuch glaubten die Verfechter der Präformationslehre, ein vollkommener Homunculus in miniature bewohne das menschliche Ei (oder Sperma), und die embryologische Entwicklung bestehe in nichts anderem als dessen Größenwachstum. Die Absurdität dieser Annahme, fahnen die Lehrbücher fort, wird durch ihre notwendige Folge noch verdeutlicht, das emboîtement, die Einschachtelung – denn wenn Evas Ei einen Homunkulus enthielt, dann enthielt dessen Ei einen noch kleineren Homunkulus, und so weiter bis zum Unvorstellbaren: einem voll ausgebildeten Menschen, der kleiner als ein Elektron ist. Die Präformationisten müssen blinde, antiempirische Dogmatiker gewesen sein, die eine apriorische Lehre der Unveränderlichkeit unterstützten, gegen alle sinnliche Evidenz – denn man braucht ja nur ein Hühnerei zu öffnen, um zu beobachten, wie der Embryo sich vom Einfachen zum Komplexen entwickelt. Und tatsächlich hatte ihr führender Sprecher, Charles Bonnet, verkündet, der »Präformationismus sei der größte Triumph der Vernunft über die Sinne«. Die Helden unseres Lehrbuchs andererseits waren die »Epigenitizisten«; sie verbrachten ihre Zeit damit, Eier anzuschauen statt Phantasien zu erfinden. Durch Beobachtung bewiesen sie, daß sich die Komplexität der ausgewachsenen Gestalt Schritt für Schritt im Embryo entwickelt. Ein neuer Sieg der unbefleckten Beobachtung über Vorurteil und Dogma.

In Wirklichkeit ist die Geschichte so einfach nicht. Die Präformationisten stellten ebenso sorgfältige und genaue empirische Beobachtungen an wie die Anhänger der Epigenesislehre. Und wenn wir denn Helden brauchen, so könnte diese Ehre ebenso gut den Präformationisten zufallen, die gegen die Epigenitizisten eine Vorstellung von Wissenschaft aufrechthielten, die der unseren recht verwandt ist.

Die Einbildungskraft einiger peripherer Gestalten muß man nicht für den Glauben der gesamten Schule nehmen. Die großen Vertreter der Präformation – Malpighi, Bonnet und von Haller – wußten sehr wohl, daß der Kükenembryo scheinbar als einfaches Gefäß entsteht und zunehmend komplexer wird, wenn sich die Organe im Ei differenzieren. Sie hatten die Embryologie des Kükens in einer Reihe von scharfsichtigen Beobachtungen studiert, die den Errungenschaften der zeitgenössischen Anhänger der Epigenesis durchaus gleichkamen. Über die Beobachtungen gab es keine Meinungsverschiedenheiten zwischen den Verfechtern von Epigenesis und Präformation; aber während die ersteren bereit waren, diese Beobachtungen wörtlich zu nehmen, beharrten die letzteren darauf, »hinter die Erscheinung«

vorzudringen. Sie behaupteten, die visuellen Erscheinungen der Entwicklung seien trügerisch. Der anfängliche Embryo ist so winzig, so geleeartig, so durchsichtig, daß die vorgeformten Strukturen mit den damals zugänglichen groben Mikroskopen nicht unterschieden werden konnten. Bonnet schrieb 1762: »Man soll die Zeit, zu der organisierte Lebewesen zu existieren anfangen, nicht als den Zeitpunkt kennzeichnen, zu dem sie erstmals sichtbar werden; man soll die Natur nicht in die engen Grenzen unserer Sinne und unserer Instrumente zwingen wollen.« Überdies glaubten die Präformationisten keineswegs, die vorgeformten Strukturen seien im Ei selbst als vollkommene Homunkuli en miniature organisiert. Sicherlich existierten Rudimente im Ei, aber in relativen Lagen und Proportionen, die wenig Ähnlichkeit mit der ausgewachsenen Morphologie haben. Wiederum Bonnet 1762: »Während das Küken noch ein Keim ist, haben alle seine Teile Formen, Lagen und Proportionen, die sich stark von jenen unterscheiden, die sie im Verlauf der Entwicklung erhalten werden. Wenn wir den Keim, wie er in diesem kleinen Zustand ist, vergrößert sähen, wäre es uns unmöglich, ihn als Küken zu erkennen. Nicht alle Teile des Keims entwickeln sich gleichzeitig und gleichförmig.«

Aber wie erklärte die Präformationslehre die *reductio ad absurdum* mit der Einschachtelung – der Einkapselung unserer gesamten Geschichte in den Eierstöcken von Eva? Sehr einfach, denn diese Vorstellung war im Kontext des 18. Jahrhunderts nicht absurd.

Zunächst glaubten die Wissenschaftler, die Welt habe eine vergangene und zukünftige Existenz von nur einigen tausend Jahren. Daher mußte nur eine begrenzte Anzahl von Generationen eingeschachtelt sein, nicht die potentiellen Produkte von einigen Millionen Jahren, wie in der geologischen Zeitrechnung des 20. Jahrhunderts.

Zum zweiten verfügte das 18. Jahrhundert über keine Zellentheorie, um der organischen Größe eine untere Grenze zu setzen. Heute scheint es absurd, einen voll ausgebildeten Homunkulus zu postulieren, der kleiner als die Minimalgröße einer einzigen Zelle ist. Aber ein Wissenschaftler des 18. Jahrhunderts hatte keinen Grund, der Größe eine untere Grenze zu setzen. Tatsächlich glaubte man im allgemeinen, daß Leeuwenhoeks Animalküle, die einzelligen mikroskopischen Geschöpfe, die Europas Phantasie so heftig bewegten, vollständig mit Miniaturorganen ausgestattet waren. So schrieb Bonnet, der die Korpuskulartheorie unterstützte (daß Licht aus diskreten Partikeln bestehe) Rhapsodien über die unvorstellbare Winzigkeit einiger Millionen von Lichtkügelchen, die alle auf einmal ins vermutete Auge

des Animalkül eindringen. »Die Natur arbeitet in so kleinen Dimensionen, wie sie will. Wir kennen die untere Grenze der Teilbarkeit der Materie überhaupt nicht, aber wir sehen, daß sie wunderbar geteilt ist. Vom Elefanten zur Milbe, vom Wal zum Animalkül, das 27 Millionen mal kleiner als die Milbe ist, von der Sonnenkugel bis zum Lichtkugelnchen, welch eine unvorstellbare Vielheit von Zwischenstadien!«

Warum empfanden die Präformationisten ein so starkes Bedürfnis, hinter die Erscheinung vorzudringen? Warum wollten sie die direkten sinnlichen Beweise nicht anerkennen? Dazu muß man die Alternativen erwägen. Entweder die Teile sind von Anfang an vorhanden, oder das befruchtete Ei ist eine gänzlich formlose Masse. Wenn das Ei formlos ist, muß irgendeine äußere Kraft der Materie einen Bauplan einprägen, die nur potentialiter fähig ist, ihn zu produzieren. Aber was für eine Art von Kraft könnte das sein? Und muß es verschiedene Kräfte für alle Arten von Tieren geben? Wie können wir etwas über sie erfahren, sie testen, wahrnehmen, berühren, erkennen? Wie könnte sie etwas anderes darstellen als den substanzlosen Apell an einen mysteriösen und mystischen Vitalismus?

Die Präformationslehre war eine Newtonsche Wissenschaft im besten Sinne. Sie hatte den Zweck, die allgemeine Haltung zu wahren, die wir heute als »wissenschaftlich« anerkennen würden, sie vor einem rohen Vitalismus zu retten, den die grobe Sinneswahrnehmung implizierte. Wenn das Ei wirklich unorganisierte, homogene Materie ohne präformierte Teile wäre, wie könnte es dann ohne die Leitung einer geheimnisvollen Kraft eine so wunderbare Komplexität hervorbringen? Es kann es und tut es, weil die Struktur (und nicht nur das Rohmaterial), die erforderlich ist, um die Komplexität zu gestalten, bereits dem Ei innewohnt. In diesem Licht scheint Bonnets Feststellung eines Triumphs der Vernunft über die Sinne schon vernünftiger. Und können wir schließlich sagen, unser gegenwärtiges Verständnis stelle einen Triumph der Epigenese dar? Die meisten großen Debatten werden bei Aristoteles' goldener Mitte gelöst, und diese ist keine Ausnahme. Aus unserer heutigen Perspektive hatte die Lehre von der Epigenese recht: Die Organe differenzieren sich nach und nach während der embryonalen Entwicklung aus einfacheren Rudimenten; es gibt keine präformierten Teile. Aber auch die Präformationslehre hatte recht, wenn sie darauf beharrte, daß Komplexität nicht aus einem formlosen Rohmaterial entstehen kann – daß irgendetwas im Ei vorhanden sein muß, was die Entwicklung regelt. Alles, was wir sagen können (als ob es darauf ankäme), ist, daß sie dies »etwas« fälschlich als präformierte Teile definierte, während wir es heute als

die aus DNA gebildeten, kodierte Instruktionen verstehen. Aber was können wir schließlich von Wissenschaftlern des 18. Jahrhunderts erwarten, die nichts von der Wurlitzer-Orgel wußten, ganz zu schweigen vom Computer-Programm? Die Vorstellung von einem kodierte Programm gehörte nun einmal nicht zu ihrer intellektuellen Ausstattung.

Und was wäre schließlich phantastischer als die Behauptung, ein Ei enthalte Tausende von Informationen, auf Moleküle geschrieben, die der Zelle befehlen, die Produktion bestimmter Substanzen an- und abzustellen, welche die Geschwindigkeit chemischer Prozesse regulieren? Die Vorstellung von vorgeformten Teilen kommt mir weit weniger gezwungen vor. Das einzige Argument für die kodierte Instruktionen besteht darin, daß sie da zu sein scheinen.

26 Die Haltung macht den Menschen aus

Kein Ereignis trug stärker dazu bei, den Ruf und Ruhm des American Museum of Natural History zu etablieren, als die Expeditionen der 20er Jahre in die Wüste Gobi. Die Entdeckungen, einschließlich der ersten Eier von Dinosauriern, waren so zahlreich wie aufregend, und schon der romantische Aspekt der Sache entsprach den heroischsten Klischees von Hollywood. Es ist immer noch schwer, ein besseres Abenteuerbuch zu finden als das von Roy Chapman Andrews und seinen Mitarbeitern betitelte: *The New Conquest of Central Asia* (»Die neue Eroberung Zentralasiens«). Nichtsdestoweniger mißlang es den Expeditionen gänzlich, ihr selbstgesetztes Ziel zu erreichen: in Zentralasien die Vorfahren des Menschen zu finden. Dies Ziel verfehlten sie aus einem ganz elementaren Grund – unsere Evolution fand nämlich in Afrika statt, wie Darwin fünfzig Jahre zuvor vermutet hatte.

Unsere afrikanischen Vorfahren (oder zumindest nahen Cousins) wurden in Höhlenablagerungen entdeckt, während der 20er Jahre. Aber diese Australopithecinen entsprachen keineswegs dem, was man bis dahin von einem »missing link« erwartete, und viele Wissenschaftler weigerten sich, sie als vertrauenswürdige Mitglieder unserer Abstammungslinie anzuerkennen. Die meisten Anthropologen hatten sich eine recht harmonische Wandlung vom Affen zum Menschen vorgestellt, angetrieben von einer wachsenden Intelligenz. Das Missing link sollte sowohl dem Körperbau wie dem Gehirn nach in der Mitte stehen – Alley Oop oder die alten (und falschen) Abbildungen

des Neanderthalers mit nach vorn geneigten Schultern. Aber die Australopithecinen weigerten sich, diese Konstruktionen zu bestätigen. Sicherlich war ihr Gehirn größer als das irgendeines Affen von vergleichbarer Körpergröße (vgl. Essays 22 und 23), aber doch nicht sehr viel größer. Der wesentliche Teil des evolutionären Wachstums unserer Gehirngröße fand erst statt, nachdem wir die Ebene des Australopithecus erreicht hatten. Aber diese kleinhirnigen Australopithecinen gingen so aufrecht wie du und ich. Wie konnte das sein? Wenn unsere Evolution von einem sich vergrößernden Hirn getrieben wurde, wie konnte dann der aufrechte Gang – ein weiteres »unträgliches Zeichen der Menschwerdung«, nicht etwa ein beiläufiges Merkmal – als erstes entstehen? In einem Essay von 1963 benutzte George Gaylord Simpson dies Dilemma, um zu illustrieren, wie

spektakulär die Vorhersage einer Entdeckung mitunter fehlgeht, selbst wenn es eine tragfähige Grundlage für eine solche Vorhersage gibt. Ein evolutionäres Beispiel ist das Versagen, die Entdeckung eines heute als Australopithecus bekannten »missing link« vorherzusehen, das aufrecht ging und Werkzeuge benutzte, aber die Physiognomie und ein Fassungsvermögen des Schädels wie ein Affe hatte.

In erster Linie müssen wir dies »spektakuläre Versagen« einem subtilen Vorurteil zuschreiben, das zur folgenden, unzulässigen Extrapolation führte: Wir beherrschen andere Tiere durch Gehirnkraft (und durch wenig sonst); also muß die Vergrößerung des Gehirns unsere Evolution in allen Stadien angetrieben haben. Die Tradition, den aufrechten Gang dem vergrößerten Gehirn unterzuordnen, läßt sich durch die gesamte Geschichte der Anthropologie zurückverfolgen. Karl Ernst von Baer, der größte Embryologe des 19. Jahrhunderts (und in meinem privaten Pantheon wissenschaftlicher Helden der zweite nach Darwin), schrieb 1828: »Der aufrechte Gang ist nur die Folge der höheren Entwicklung des Gehirns . . . alle Unterschiede zwischen dem Menschen und den anderen Tieren beruhen auf dem Bau des Gehirns.« Etwa hundert Jahre später schrieb der englische Anthropologe E. G. Smith: »Es war nicht die Annahme der aufrechten Haltung oder die Erfindung einer artikulierten Sprache, die aus dem Affen einen Menschen machten, sondern die allmähliche Vervollkommnung des Gehirns und der langsame Aufbau einer mentalen Struktur, die vom aufrechten Gang und der Rede nur zufällig manifestiert werden.«

Gegen diesen Chor der Hochschätzung unseres Gehirns verfochten nur wenige Wissenschaftler das Primat des aufrechten Ganges. So

begründete Sigmund Freud einen wesentlichen Anteil seiner hochgradig idiosynkratischen Theorie über den Ursprung der Zivilisation darauf. Das fängt in seinen Briefen an Wilhelm Fließ in den 1890er Jahren an und gipfelt in dem *Unbehagen in der Kultur* von 1930. Freud stellte die These auf, unser aufrechter Gang habe unsere primäre Sinneswahrnehmung vom Riechen auf das Sehen umorientiert. Die Abwertung der Gerüche verschob das Objekt sexueller Stimulation bei den Männern von den zyklischen Ausdünstungen der Frauen auf die andauernde Sichtbarkeit der weiblichen Genitalien. Das kontinuierliche Begehren der Männer führte zur Evolution kontinuierlicher Empfänglichkeit bei den Frauen. Die meisten Säugetiere kopulieren nur in den Perioden des Eisprungs; Menschen sind jederzeit sexuell aktiv (ein Lieblingsthema der Autoren, die über Sexualität schreiben). Die kontinuierliche Sexualität verfestigte die menschliche Familie und ermöglichte die Zivilisation; Tiere mit stark zyklischer Kopulation haben keinen heftigen Drang zu einer stabilen Familienstruktur. »Am Beginne des verhängnisvollen Kulturprozesses«, folgerte Freud, »stünde also die Aufrichtung des Menschen«.

Obwohl Freuds Vorstellung unter den Anthropologen keine Anhänger fand, trat eine andere Nebentradition hervor, die das Primat des aufrechten Ganges unterstrich. (Es ist im übrigen das Argument, zu dem wir heute neigen, um die Morphologie des Australopithecus und den Weg der menschlichen Evolution zu erklären.) Das Gehirn kann mit seinem Wachstum nicht in einem Vakuum beginnen. Es muß einen primären Antrieb durch eine veränderte Lebensweise geben, die eine starke selektive Prämie auf Intelligenz setzt. Die aufrechte Haltung befreit die Hände von der Fortbewegung und zur Handhabung (oder Manipulation, von lat. »manus« gleich »Hand«). Jetzt können zum ersten Mal Werkzeuge und Waffen hergestellt und benutzt werden. Vermehrte Intelligenz ist größtenteils eine Reaktion auf das gewaltige Potential zur Manufaktur (wiederum wörtlich), das in den freien Händen liegt. (Natürlich war nie ein Anthropologe so naiv, zu glauben, in der Evolution seien Gehirn und Haltung so unabhängig voneinander gewesen, daß eins von beidem seinen voll menschlichen Status erreichte, bevor sich das andere überhaupt veränderte. Wir haben es mit Interaktion und gegenseitiger Verstärkung zu tun. Nichtsdestoweniger war unsere frühe Evolution mit einem rascheren Wandel in der Haltung als in der Hirngröße verbunden; erst nachdem wir die Hände für den Gebrauch von Werkzeugen frei hatten, fand der größte Teil der evolutionären Vergrößerung unseres Gehirns statt.) Es ist wieder einmal ein Beweis dafür, daß Nüchternheit nicht

notwendig zur Wahrheit führt, wenn von Baers mystisch orakelnder Kollege Lorenz Oken im Jahre 1809 das »richtige« Argument traf, während von Baer einige Jahre später in die Irre ging. »Der Mensch gewinnt sein Wesen durch den aufrechten Gang«, schrieb Oken, »die Hände werden frei und können alle ihre anderen Dienste leisten... Mit der Freiheit des Körpers wurde auch die Freiheit des Geistes erlangt.« Aber der Hauptverfechter der aufrechten Haltung war im 19. Jahrhundert Darwins deutscher Propagandist, Ernst Haeckel. Ohne irgendeine Spur direkter Beweise rekonstruierte Haeckel unseren Ahnherrn und gab ihm sogar einen wissenschaftlichen Namen, Pithecanthropus alalus, der aufrechte, sprachlose, kleinhirnige Affenmensch. (Pithecanthropus ist übrigens wohl der einzige wissenschaftliche Name, der jemals einem Tier verliehen wurde, bevor man es entdeckt hatte. Als Du Bois in den 1890er Jahren den Java-Menschen entdeckte, übernahm er Haeckels Gattungsnamen, gab ihm aber eine neue Artbezeichnung: Pithecanthropus erectus. Heute schließen wir dies Geschöpf gewöhnlich in unsere eigene Gattung ein: Homo erectus.)

Warum aber blieb die Vorstellung vom zerebralen Primat trotz Okens und Haeckels Einwänden so fest verwurzelt? Eins ist sicher, das hatte nichts mit direkten Beweisen zu tun – für keine der beiden Positionen gab es welche. Mit Ausnahme des Neanderthalers (nach Ansicht der meisten Anthropologen eine lokale Variante unserer eigenen Spezies) wurden bis zu den letzten Jahren des 19. Jahrhunderts keine menschlichen Fossilien entdeckt, und zu diesem Zeitpunkt hatte sich das Dogma vom zerebralen Primat längst festgesetzt. Aber gerade Debatten, die sich auf keine Beweise stützen, sind in der Wissenschaftsgeschichte besonders aufschlußreich, denn in Ermangelung faktischer Zwänge enthüllen sich die kulturellen Determinanten allen Denkens (welche die meisten Naturwissenschaftler so hartnäckig zu leugnen versuchen) in ihrer ganzen Nacktheit.

Tatsächlich hat das 19. Jahrhundert eine brillante Skizze dieses Thema hervorgebracht, aus einer Quelle, die manche Leser überraschen mag – Friedrich Engels. (Ein wenig Nachdenken sollte die Überraschung mindern. Engels hatte ein ausgeprägtes Interesse an den Naturwissenschaften und trachtete danach, seine allgemeine Philosophie des dialektischen Materialismus auf einer »positiven« Grundlage aufzubauen. Er lebte nicht lange genug, um seine »Dialektik der Natur« zu vollenden, aber Abhandlungen wie der *Anti-Dühring* enthalten lange Kommentare zur Naturwissenschaft.) Im Jahre 1876 schrieb Engels einen Essay mit dem Titel *Anteil an der Arbeit der Menschwerdung*

des Affen. Er wurde 1896 posthum veröffentlicht und hatte leider keinen sichtbaren Einfluß auf die westliche Wissenschaft.

Engels erwägt drei wesentliche Faktoren der menschlichen Evolution: Sprache, großes Gehirn und aufrechte Haltung. Er stellt die These auf, der erste Schritt müsse der Abstieg von den Bäumen gewesen sein, in dessen Folge unsere bereits den Boden bewohnenden Vorfahren die aufrechte Haltung entwickelt hätten. »Wohl zunächst durch ihre Lebensweise veranlaßt, die beim Klettern den Händen andre Geschäfte zuweist als den Füßen, fingen diese Affen an, auf ebner Erde sich der Beihülfe der Hände beim Gehen zu entwöhnen und einen mehr und mehr aufrechten Gang anzunehmen. Damit war der entscheidende Schritt getan für den Übergang vom Affen zum Menschen.« Die aufrechte Haltung machte die Hände für den Gebrauch von Werkzeug frei (für die Arbeit, in Engels' Terminologie); danach erst kam die Zunahme der Intelligenz und die Sprache.

So ist die Hand nicht nur das Organ der Arbeit, sie ist auch ihr Produkt. Nur durch Arbeit, durch Anpassung an immer neue Verrichtungen . . . durch immer erneuerte Anwendung dieser vererbten Verfeinerung auf neue, stets verwickeltere Verrichtungen hat die Menschenhand jenen hohen Grad von Vollkommenheit erhalten, auf dem sie Raffaelsche Gemälde, Thorwaldsensche Statuen, Paganinische Musik hervorzaubern konnte.

Engels bringt seine Schlußfolgerungen vor, als seien sie deduktiv aus den Prämissen seiner materialistischen Philosophie abgeleitet, aber ich bin davon überzeugt, daß er sie von Haeckel abgeschrieben hat. Die beiden Formulierungen sind fast identisch, und zu anderen Zwecken zitierte Engels die fraglichen Seiten aus Haeckels Werk, in einem früheren Essay von 1874. Aber das macht nichts. Die Relevanz von Engels' Essay liegt nicht in seinen inhaltlichen Schlußfolgerungen, sondern in seiner scharfsinnigen politischen Analyse der Frage, warum die abendländische Wissenschaft so trotzig an der apriorischen Behauptung des zerebralen Primats festhielt.

Als die Menschen begannen, ihre materielle Umgebung zu bemeistern, sagt Engels, kamen andere Fertigkeiten zur primitiven Jagd hinzu – Ackerbau, Spinnen und Weben, Töpferei, Seefahrt, Kunst und Wissenschaft, Justiz und Politik, und schließlich »das phantastische Spiegelbild der menschlichen Dinge im menschlichen Kopf: die Religion«. Als der Reichtum akkumuliert wurde, ergriffen kleine Gruppen von Menschen die Macht und zwangen die anderen, für sie zu arbeiten. Arbeit, die Quelle allen Reichtums und der primäre Antrieb der menschlichen Evolution, erhielt den gleichen niedrigen

Rang wie jene Menschen, die sie für ihre Herren ausführten. Da die Herrscher mittels ihres Willens regierten (also mittels der Heldentaten ihres Geistes), schien die Gehirntätigkeit eine eigene Bewegungskraft zu haben. Der Beruf des Philosophen hatte es keineswegs mit einem unbefleckten Ideal der Wahrheit zu tun. Die Philosophen waren von staatlicher oder religiöser Patronage abhängig. Auch wenn Platon nicht bewußt konspirierte, um mit einer vorgeblich abstrakten Philosophie die Privilegien der Herrscher auszupolstern, ermutigte seine eigene Klassenlage ihn, den Gedanken als primär, dominierend und vor allem edler und wichtiger denn die von ihm angeleitete Arbeit zu unterstreichen. Diese idealistische Tradition beherrschte die Philosophie bis in Darwins Zeiten hinein. Ihr Einfluß war so subtil und durchdringend, daß auch wissenschaftliche, aber apolitische Materialisten wie Darwin ihm erlagen. Ein Vorurteil muß erkannt werden, bevor man es in Frage stellen kann. Das zerebrale Primat schien so offenkundig und natürlich, daß es als gegeben hingenommen und nicht als tiefverwurzeltes gesellschaftliches Vorurteil erkannt wurde, das mit der Klassenlage professioneller Denker und ihrer Mäzene verknüpft ist. Engels schreibt:

Dem Kopf, der Entwicklung und Tätigkeit des Gehirns, wurde alles Verdienst an der rasch fortschreitenden Zivilisation zugeschrieben; die Menschen gewöhnten sich daran, ihr Tun aus ihrem Denken zu erklären statt aus ihren Bedürfnissen . . . und so entstand mit der Zeit jene idealistische Weltanschauung, die namentlich seit dem Untergang der antiken Welt die Köpfe beherrscht hat. Sie herrscht noch so sehr, daß selbst die materialistischen Naturforscher der Darwinschen Schule sich noch keine klare Vorstellung von der Entstehung des Menschen machen können, weil sie unter jenem ideologischen Einfluß die Rolle nicht erkennen, die die Arbeit dabei gespielt hat.

Die Relevanz von Engels' Essay liegt nicht in dem erfreulichen Ergebnis, daß der Australopithecus die von ihm – via Haeckel – aufgestellte Theorie bestätigt hat, sondern eher in seiner hellsichtigen Analyse der politischen Rolle der Naturwissenschaft und der sozialen Vorurteile, die jedes Denken färben müssen.

Tatsächlich hat Engels' Thema, die Trennung von Kopf und Hand, viel dazu beigetragen, den Kurs der Naturwissenschaft im Laufe ihrer Geschichte zu lenken und einzugrenzen. Die akademische Wissenschaft zumal erlag dem Zwang einer »reinen« Forschung, der in früheren Tagen den Wissenschaftler von extensiven Experimenten und empirischen Untersuchungen abschnitt. Die Wissenschaft der

griechischen Antike arbeitete unter der Restriktion, daß ein Denker aus dem Patriziat nicht die Handarbeit eines Handwerkers tun konnte. Die mittelalterlichen Feldscher, die mit den Verwundeten auf dem Schlachtfeld zu tun hatten, haben die Medizin weiter vorangebracht als die akademischen Ärzte, die ihre Patienten nur selten untersuchten und ihre Behandlung auf die Kenntnis von Galen und anderen gelehrten Texten gründeten. Selbst heute neigen die »reinen« Forscher dazu, die Praktiker zu verachten, und mit betrüblicher Häufigkeit sind Ausdrücke wie »Barfußarzt« oder »Fliegenbeinzähler« in akademischen Kreisen zu hören. Wenn wir uns Engels' Warnung zu Herzen nehmen und unsern Glauben an die inhärente Überlegenheit der reinen Forschung als das erkennen würden, was er ist – nämlich ein gesellschaftliches Vorurteil –, dann könnten wir endlich die Einheit von Theorie und Praxis in der Wissenschaft schmieden, die eine gefährlich am Abgrund wankende Welt so bitter nötig hat.

27 Rassismus und Rekapitulation

Der Erwachsene, der zahlreichere fötale (oder) kindliche . . . Züge bewahrt, ist fraglos jenem unterlegen, dessen Entwicklung über sie hinausgekommen ist. An diesen Kriterien gemessen, steht die europäische oder weiße Rasse an der Spitze der Liste, der Afrikaner oder Neger am unteren Ende.

D. G. Brinton, 1890

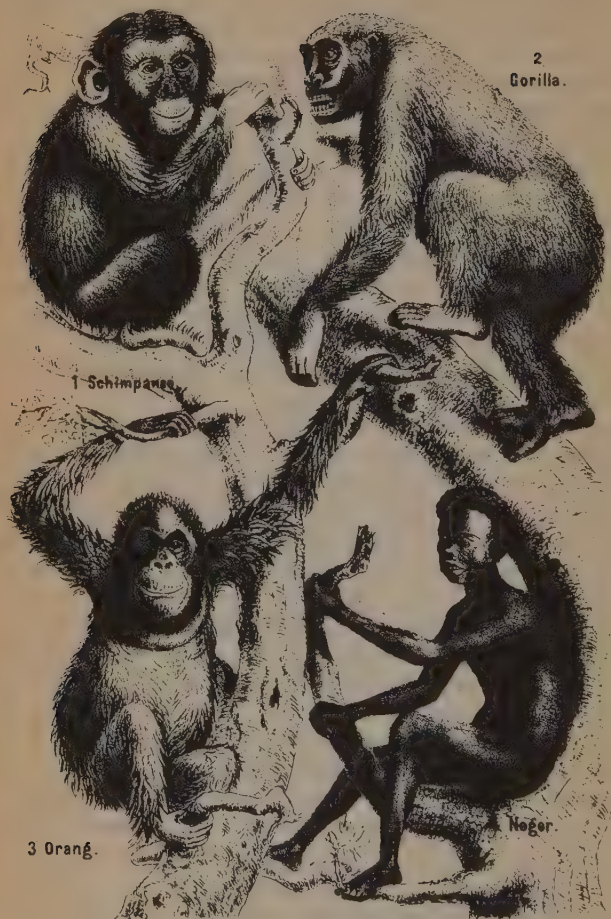
Auf der Grundlage meiner Theorie glaube ich ersichtlich an die Ungleichheit der Rassen . . . In seiner fötalen Entwicklung durchläuft der Neger ein Stadium, das beim weißen Manne bereits das Endstadium ist. Wenn die Retardierung beim Neger fortschreitet, kann auch für diese Rasse zum Endstadium werden, was jetzt noch ein Übergangsstadium ist. Es ist für alle anderen Rassen möglich, den Zenith der Entwicklung zu erreichen, den jetzt die weiße Rasse einnimmt.

L. Bolk, 1926

Schwarze sind unterlegen, teilt Brinton uns mit, weil sie juvenile Züge bewahren. Schwarze sind unterlegen, behauptet Bolk, weil sie sich über die juvenilen Züge hinausentwickeln, welche die Weißen bewahren. Ich zweifle daran, daß man zwei stärker widersprüchliche Argumente erfinden könnte, um die gleiche Ansicht zu stützen.

Die Argumente entstammen verschiedenen Lesarten eines recht speziellen Themas der Evolutionstheorie: dem Verhältnis zwischen Ontogenese (dem Wachstum eines Individuums) und Phylogenese (der evolutionären Geschichte von Abstammungslinien). Ich habe hier nicht das Ziel, diesen Gegenstand zu erläutern, sondern den pseudowissenschaftlichen Rassismus zu erörtern. Wir schätzen die Vorstellung, der wissenschaftliche Fortschritt vertreibe Aberglauben und Vorurteil. Brinton knüpfte seinen Rassismus an die Theorie der Rekapitulation, den Glauben, daß die Individuen in ihrem eigenen embryonalen und jugendlichen Wachstum die erwachsenen Stadien ihrer Vorfahren wiederholen – daß jedes Individuum in seiner eigenen Entwicklung den Stammbaum hinaufklettert. (Für die Anhänger der Rekapitulation stellen die Kiemen des menschlichen Fötus den erwachsenen Fisch dar, von dem wir abstammen. Und nach der rassistischen Lesart durchlaufen und verlassen weiße Kinder die geistigen Stadien, welche die Erwachsenen der »niederen« Rassen kennzeichnen.) Gegen Ende des 19. Jahrhunderts stellte die Rekapitulation eines der zwei oder drei führenden »wissenschaftlichen« Argumente im rassistischen Arsenal zur Verfügung.

Ende der 20er Jahre jedoch war die Theorie der Rekapitulation gänzlich zusammengebrochen. Statt dessen hatten die Anthropologen angefangen, wie ich in Essay 7 gezeigt habe, die menschliche Evolution auf genau entgegengesetzte Weise zu interpretieren. Bolk führte die Bewegung an und stellte die These auf, die menschliche Evolution zeichne sich durch die Beibehaltung juveniler Züge unserer Ahnen und den Verlust früherer erwachsener Strukturen aus – ein Prozeß, den man Neotenie nennt. Mit dieser Umkehrung, sollte man doch annehmen, hätte der weiße Rassismus abgeschafft werden müssen, zumindest wäre zu erwarten, daß man stillschweigend auf die früheren Behauptungen verzichtete, bestenfalls, daß man ehrlich eingestand, die alten Beweise müßten im Licht der neuen Theorie der Neotenie die Überlegenheit der schwarzen Rasse belegen (da ja nun die Bewahrung juveniler Züge als Kennzeichen des Fortschritts galt). Nichts dergleichen geschah jedoch. Die alten Beweise wurden stillschweigend vergessen, und Bolk suchte nach neuen Daten, welche den alten Informationen widersprechen und erneut die Unterlegenheit der Schwarzen bestätigen könnten. In Anbetracht der Neotenie mußten die »höheren« Rassen als Erwachsene mehr juvenile Züge beibehalten; so disqualifizierte Bolk eben all die verwirrenden »Fakten«, welche die Theorie der Rekapitulation einst benutzt hatte, und erstellte eine Liste der wenigen juvenilen Züge erwachsener Weißer,



Die Ausgabe der »Anthropogenie« von Ernst Haeckel aus dem Jahre 1874 enthält diese rassistische Illustration zur Evolution. (Abgedruckt mit freundlichem Dank an das American Museum of Natural History.)

die für seine Ansicht sprachen.

Sicherlich hat die Wissenschaft in diesem Falle rassistische Haltungen nicht beeinflußt. Ganz im Gegenteil: Der apriorische Glaube an die Unterlegenheit der Schwarzen bestimmt die parteiliche Auswahl der »Beweise«. Aus einem reichen Datenmaterial, das so ungefähr jede rassistische Behauptung stützen konnte, wählten die Wissenschaftler jene Tatsachen aus, die zu ihrer Lieblingsthese führten, gemäß der jeweils modernen Theorie. Diese traurige Geschichte, glaube ich, enthält eine allgemeinere Aussage. Es gibt und gab niemals irgendeinen unzweideutigen Beweis für die genetische Bestimmung von Zügen, die uns zu rassistischen Unterscheidungen verführen (Unterschiede zwischen den Rassen in Durchschnittswerten der Gehirngröße, der Intelligenz, des moralischen Urteils etc.). Aber dieser Mangel an Beweisen hat keineswegs die Äußerung wissenschaftlicher Meinungen verhindert. Daher müssen wir folgern, daß eine solche Äußerung eher ein politischer als ein wissenschaftlicher Akt ist – und daß Wissenschaftler dazu neigen, sich konservativ zu benehmen und dem »Objektivität« zu verleihen, was die öffentliche Meinung zu hören wünscht.

Um auf meine Geschichte zurückzukommen: Ernst Haeckel, Darwins größter Propagandist, versprach sich viel von der Evolutionstheorie als einer gesellschaftlichen Waffe. Er schrieb:

Evolution und Fortschritt stehen auf einer Seite, angetreten unter dem hellen Banner der Wissenschaft; auf der anderen Seite, angetreten unter der schwarzen Flagge der Hierarchie, stehen geistige Sklaverei und Falschheit, Mangel an Vernunft und Barbarei, Aberglaube und Rückschritt... Evolution ist das starke Geschütz im Kampf um die Wahrheit; ganze Schlachtreihen von dualistischen Sophismen fallen vor ihr... wie vor einer Kette von Artillerieschüssen.

Die Rekapitulation war Haeckels Lieblingsargument (er nannte sie das »biogenetische Gesetz« und prägte den Satz »Die Ontogenese wiederholt die Phylogenese«). Er benutzte sie, um den Anspruch des Adels auf einen Sonderstatus anzugreifen – sind wir als Embryos nicht alle Fische? – und die Unsterblichkeit der Seele lächerlich zu machen – denn wo wäre in unserem embryonalen, wurmähnlichen Zustand ein Platz für die Seele?

Aber Haeckel und seine Kollegen beschworen auch die Rekapitulation, um die Überlegenheit der nordeuropäischen Weißen zu bestätigen. Beweise entnahmen sie der menschlichen Anatomie und dem Verhalten, vom Gehirn bis zum Bauchnabel. Herbert Spencer

schrieb, »die intellektuellen Charakteristika der Unzivilisierten« seien »Züge, die sich bei den Kindern der Zivilisierten wiederfinden.« Mit stärkeren Worten sagte es 1864 Carl Vogt: »Der erwachsene Neger hat, was seine intellektuellen Fähigkeiten betrifft, am Wesen des Kindes teil . . . Einige Stämme haben Staaten mit einer sonderbaren Organisation gegründet, aber im Übrigen können wir kühn behaupten, daß die ganze Rasse weder in der Vergangenheit noch in der Gegenwart irgendetwas zustande gebracht hat, was dem Fortschritt der Menschheit diene oder der Bewahrung würdig wäre.« Und der französische Anatom Etienne Serres behauptete wahrhaftig, die männlichen Schwarzen seien primitiv, weil die Entfernung zwischen Bauchnabel und Penis ihr Leben lang klein bleibt (im Verhältnis zur Körpergröße), während diese Entfernung sich bei weißen Kindern im Laufe des Wachstums vergrößert – der höher steigende Bauchknopf als Zeichen des Fortschritts.

Die allgemeine These fand viele soziale Anwendungen. Edward Drinker Cope, der vor allem durch seine »Fossilien-Fehde« mit Othniel Charles March bekannt wurde, verglich die Höhlenkunst der Steinzeit mit der von heutigen weißen Kindern und »primitiven« Erwachsenen: »Wir stellen fest, daß die Bemühungen der frühesten Rassen, von denen wir Kenntnis haben, jenen glichen, welche die unbelehrte Hand der Kindheit auf der Tafel zeichnet oder der Wilde auf einer Felswand abbildet.« Eine ganze Schule der »Kriminalanthropologie« (vgl. den nächsten Essay) brandmarkte weiße Übeltäter als genetisch retardiert und verglich sie wiederum mit erwachsenen Afrikanern oder Indianern: »Einige von ihnen (den weißen Kriminellen)«, schrieb ein eifriger Verfechter, »würden die Zierde und die ethische Aristokratie eines Stammes von Rothäuten darstellen.« Havelock Ellis vermerkte, daß weiße Kriminelle, weiße Kinder sowie südamerikanische Indianer im allgemeinen nicht erröten.

Die stärkste politische Wirkung der Rekapitulation lag darin, den Imperialismus zu rechtfertigen. Kipling bezeichnete in seinem Gedicht über die »Bürde des weißen Mannes« die besiegten Eingeborenen als »halb Teufel und halb Kind«. Wenn die Eroberung ferner Länder einige christliche Vorstellungen kränkte, so konnte die Wissenschaft ein besorgtes Gewissen stets mit dem Hinweis trösten, daß primitive Völker wie Kinder unfähig seien, sich in einer modernen Welt selbst zu beherrschen. Während des spanisch-amerikanischen Krieges entspann sich eine Debatte über die Frage, ob die Vereinigten Staaten ein Recht hätten, die Philippinen zu annektieren. Als die Antiimperialisten Henry Clays Ansicht zitierten, Gott könne keine

Rasse geschaffen haben, die nicht fähig sei, sich selbst zu regieren, erwiderte Hochwürden Josiah Strong: »Clays Vorstellung entstand, bevor die moderne Wissenschaft zeigte, daß sich die Rassen im Verlauf der Jahrhunderte entwickeln wie die Individuen im Laufe von Jahren, und daß eine unterentwickelte Rasse, die zur Herrschaft über sich selbst nicht fähig ist, genauso wenig ein Vorwurf gegen Gott ist, wie ein unentwickeltes Kind, das unfähig zur Herrschaft über sich selbst ist.« Andere nahmen einen »liberalen« Standpunkt ein und kleideten ihren Rassismus in eine paternalistische Haltung: »Ohne die primitiven Völker wäre die Welt im Großen das, was sie im Kleinen ohne den Segen der Kinder wäre . . . Gegenüber der ›frechen Rasse‹ da draußen sollten wir ebenso gerecht sein wie gegenüber dem ›frechen Jungen‹ zu Hause.«

Aber die Theorie der Rekapitulation enthielt einen fatalen Defekt. Wenn die erwachsenen Züge der Ahnen zu den juvenilen Zügen der Nachkommen werden, muß ihre Entwicklung sich beschleunigen, um Raum für die Hinzufügung neuer erwachsener Charakteristika zu schaffen, bis zum Ende der Ontogenese eines Nachkommen. Mit der Wiederentdeckung der Mendelschen Genetik im Jahre 1900 brach dies »Gesetz der Akzeleration« zusammen und damit die gesamte Theorie der Rekapitulation – denn wenn die Gene Enzyme produzieren und die Enzyme die Raten von Prozessen kontrollieren, dann kann die Evolution durch Beschleunigung wie durch Verlangsamung einer Entwicklungsrate wirken. Die Rekapitulation erfordert eine universelle Beschleunigung, aber die Genetik behauptet, eine Verlangsamung sei genau so wahrscheinlich. Als die Wissenschaftler nach Beweisen für die Verlangsamung suchten, trat unsere eigene Spezies ins Rampenlicht. Wie ich in Essay 7 gezeigt habe, bestand die Evolution des Menschen in mancher Hinsicht in der Bewahrung juveniler Züge von Primaten und sogar von Säugetieren überhaupt – zum Beispiel der blasenförmige Schädel und das relativ große Hirn, die Bauchlage unseres Foramen Magnum (das die aufrechte Haltung ermöglicht), kleine Kiefer und relative Unbehaartheit.

Ein halbes Jahrhundert lang hatten die Vorkämpfer der Rekapitulation rassistische »Beweise« gesammelt; sie alle stützten die These, die »niedrigen« Rassen glichen weißen Kindern. Als die Theorie der Rekapitulation zusammenstürzte, verfügten die Verfechter der menschlichen Neotenie immer noch über diese Daten. Eine objektive Umdeutung hätte zu dem Eingeständnis führen müssen, daß die »niedrigen« Rassen überlegen seien; denn wie Havelock Ellis (ein früher Anhänger der Neotenie) schrieb: »Der Fortschritt unserer

Rasse war ein Fortschritt der Jugendlichkeit.« Das neue Kriterium wurde tatsächlich akzeptiert – die kindlichere Rasse sollte hinfort den Königsmantel der Überlegenheit tragen. Die alten Beweise jedoch wurden einfach disqualifiziert, und Bolk rannte auf der Suche nach ein paar entgegengesetzten Informationen herum, die erweisen könnten, daß erwachsene Weiße wie schwarze Kinder sind. Er fand sie natürlich (man findet immer etwas, wenn man es sich nur sehnlich genug wünscht): Erwachsene Schwarze haben lange Schädel, dunkle Haut, stark prognathöse Kiefer und eine »vorväterliche Bezahnung«; während erwachsene Weiße und schwarze Säuglinge kurze Schädel besitzen, helle (oder zumindest hellere Haut) und kleine, nicht vorspringende Kiefer (von den Zähnen einmal zu schweigen). »Die weiße Rasse scheint die fortschrittlichste zu sein, weil sie am stärksten retardiert ist«, sagte Bolk. Havelock Ellis hatte 1894 so ziemlich dasselbe gesagt: »Das Kind vieler afrikanischer Rassen ist selten, wenn überhaupt, weniger intelligent als das europäischer Rassen, aber während der Afrikaner im Heranwachsen dumm und dumpf wird und sein ganzes gesellschaftliches Leben in einen Zustand engstirniger Gleichförmigkeit verfällt, bewahrt der Europäer viel von seiner kindlichen Lebhaftigkeit.«

Damit wir solche Behauptungen nicht als Fehlritte eines vergangenen Zeitalters abtun, möchte ich vermerken, daß ein führender genetischer Determinist das neotenische Argument 1971 in der IQ-Debatte verwendete. H. Eysenck behauptet, daß afrikanische und schwarze amerikanische Säuglinge eine raschere sensomotorische Entwicklung aufweisen als weiße. Er behauptet weiterhin, eine schnellere sensomotorische Entwicklung im ersten Lebensjahr entspreche einem niedrigen IQ im späteren Leben. Dies ist ein klassisches Beispiel für eine möglicherweise bedeutungslose, nichtkausale Korrelation: Wenn man etwa annimmt, die Unterschiede im IQ seien vollständig von der Umwelt determiniert, dann verursacht die schnelle sensomotorische Entwicklung nicht den niedrigen IQ, sondern ist nur ein weiteres Maß der rassischen Identifikation (und Neotenie, um seine genetische Interpretation zu stützen: »Diese Ergebnisse sind aufgrund der ganz allgemeinen biologischen Ansicht wichtig, nach der die kognitiven oder intellektuellen Fähigkeiten der Spezies im allgemeinen um so größer sind, je länger die Kindheit ausgedehnt ist.«)

Aber das neotenische Argument hat einen Haken, den die weißen Rassisten geflissentlich übersehen haben. Es läßt sich kaum bestreiten, daß die jugendlichste unter den Rassen nicht die weiße, sondern die mongolische ist (eine Tatsache, die amerikanische Militärs nie

begreifen konnten, wenn sie behaupteten, die Vietkong würden ihre Armee mit »Teenagern« auffüllen – von denen dann viele dreißig oder vierzig Jahre alt waren). Bolk wand sich daran vorbei; Havelock Ellis ging es tapfer an und gab seine Niederlage zu (wenn auch nicht seine Unterlegenheit).

Wenn die rassistischen Anhänger der Rekapitulation ihre Theorie verloren, so werden die Verfechter der Neotenie vielleicht aufgrund der Fakten verlieren (obwohl die Geschichte vermuten läßt, daß die Fakten ausgewählt werden, um vorgängigen Theorien zu entsprechen). Denn es gibt noch einen anderen verwirrenden Punkt in den Daten der Neotenie – nämlich der Status der Frauen. Unter der Herrschaft der Rekapitulation war alles in Ordnung. Frauen sind der Anatomie nach kindlicher als Männer – ein sicheres Zeichen ihrer Unterlegenheit, wie Cope in den 1880er Jahren lautstark verkündete. Aber nach der neotenenischen Hypothese wären die Frauen aufgrund derselben Tatsache überlegen. Wiederum zog Bolk es vor, das Thema zu ignorieren. Und wiederum schaute Havelock Ellis ihm ehrlich ins Auge und gab die Möglichkeit der Position zu, die Ashley Montagu später in seiner Abhandlung über die »natürliche Überlegenheit des Weibes« vertrat. Ellis schrieb 1894: »Sie weist die speziellen Charakteristika des Menschlichen in höherem Grade auf als der Mann . . . Das trifft für die physischen Kennzeichen zu: der großköpfige, feingesichtige, kleinknochige Mann der urbanen Zivilisation ist der typischen Frau näher als der Wilde. Nicht nur durch sein großes Gehirn, sondern auch durch sein breites Becken folgt der Mann einem Pfad, der zuerst vom Weibe beschritten wurde.« Ellis legte also nahe, wir könnten unser Heil in den Schlußversen des *Faust* suchen:

Das Ewig-Weibliche
Zieht uns hinan.

28 *Der Kriminelle als Fehler der Natur oder: Der Affe in einigen von uns*

W. S. Gilbert richtete seine kraftvolle Satire gegen alle Formen der Anmaßung, die er zu sehen glaubte. Meistens können auch wir ihm noch Beifall zollen: Pompöse Abgeordnete und affektierte Dichter sind immer noch legitime Zielscheiben. Aber im Herzen war Gilbert ein bequemes Kind des viktorianischen Zeitalters, und vieles, was er mit dem Etikett der Anmaßung versah, erscheint uns eher als aufgeklärt – insbesondere eine höhere Erziehung für Frauen:

Der Höhepunkt des Wahns! Ein weibliches Kolleg!

Welch Lehrstoff wäre nützlich für des Mädchens Lebensweg?
In »Prinzessin Ida« bringt die Professorin für Humanwissenschaften auf Schloß Adamant eine biologische Rechtfertigung dafür bei, daß der »Mann der einzige Fehler der Natur« sei. Sie erzählt die Geschichte von einem Affen, der eine schöne Frau liebte. Um ihre Neigung zu gewinnen, versuchte er, sich wie ein Gentleman zu kleiden und zu benehmen, doch all das war natürlich vergeblich, denn

Auch wohlherzogen ist der Darwin-Mann doch nur

Im besten Fall ein Affe mit Rasur!

1884 veröffentlichte Gilbert »Prinzessin Ida«, acht Jahre, nachdem ein italienischer Arzt, Cesare Lombroso, eine der mächtigsten sozialen Bewegungen jener Zeit in Gang gesetzt hatte, indem er in vollem Ernst eine ähnlichen Behauptung über eine Gruppe von Menschen aufgestellt hatte – geborene Kriminelle seien im wesentlichen Affen, die in unserer Mitte leben. Später erinnerte Lombroso sich an den Augenblick der Offenbarung:

Im Jahre 1870 führte ich einige Monate lang in Gefängnissen und Asylen von Pavia an Leichen und lebenden Personen Untersuchungen durch, mit der Absicht, substantielle Unterschiede zwischen Geisteskranken und Kriminellen zu bestimmen, ohne daß ich damit viel Erfolg gehabt hätte. Plötzlich, am Morgen eines düsteren Dezembertages, fand ich im Schädel eines Banditen eine ganze Reihe von atavistischen Anomalien. . . . Das Problem des Wesens und Ursprungs des Kriminellen schien mir gelöst; die Charakteristika primitiver Menschen und unterlegener Tiere mußten sich reproduziert haben.

Biologische Theorien der Kriminalität waren kaum etwas Neues, aber Lombroso gab dem Argument eine neue, evolutionäre Wendung. Geborene Verbrecher sind nicht einfach entartet oder krank; sie sind buchstäblich Rückschritte auf ein früheres Stadium der Evolution. Die erblichen Charaktere unserer primitiven und äffischen Vorfahren verbleiben in unserem genetischen Repertoire. Einige unglückliche Menschen werden mit einer ungewöhnlichen Anzahl solcher vorväterlicher Merkmale geboren. Ihr Benehmen mag in den vergangenen Gesellschaften der Wilden angemessen gewesen sein; heute brandmarken wir sie als kriminell. Wir mögen den geborenen Kriminellen bedauern, denn er kann sich selbst nicht helfen; aber seine Taten können wir nicht tolerieren. (Lombroso glaubte, daß etwa 40% der Kriminellen in diese Kategorie der angeborenen Biologie fallen – die geborenen Verbrecher. Andere begehen aus Gier, Eifersucht, extremem Zorn und dergleichen Übeltaten – Gelegenheitsverbrecher.)

Ich erzähle diese Geschichte aus drei Gründen, die gemeinsam sie zu weit mehr machen als nur einer antiquarischen Übung in einer kleinen Ecke vergessener Geschichte aus dem späten 19. Jahrhundert.

1. Eine sozialgeschichtliche Verallgemeinerung: Sie illustriert den gewaltigen Einfluß der Evolutionstheorie auf Gebieten, die weit ab von ihrem biologischen Kern liegen. Selbst die abstraktesten Wissenschaftler sind nicht frei in ihrem Handeln. Bedeutende Ideen erfahren bemerkenswert umwegige und weitreichende Übertragungen. Die Bewohner einer nuklearen Welt sollten dies wohl wissen, aber viele Wissenschaftler müssen es erst noch kapieren.

2. Ein politischer Punkt: Oft wurde im Namen der Aufklärung eine angeborene Biologie für die Erklärung menschlichen Verhaltens herangezogen. Die Verfechter des biologischen Determinismus behaupten, die Wissenschaft könne ein Gewebe aus Aberglauben und Sentimentalität zerschneiden, um uns über unsere wahre Natur zu belehren. Aber solche Thesen haben meistens einen ganz anderen Primäreffekt: Sie werden von den Führern unserer Klassengesellschaften benutzt, um zu bekräftigen, daß eine vorhandene gesellschaftliche Ordnung erhalten werden muß, weil sie dem Naturgesetz entspricht. Natürlich sollte keine Anschauung abgelehnt werden, weil uns ihre Implikationen nicht gefallen. Die Wahrheit, wie wir sie verstehen, muß das erstrangige Kriterium sein. Aber die Behauptungen der Deterministen haben sich noch stets als vorurteilsgeladene Spekulationen herausgestellt, nicht als gesicherte Tatsachen – und Lombrosos Kriminalanthropologie ist das beste Beispiel dafür, das ich kenne.

3. Eine zeitgenössische Notiz: Lombrosos Spielart der Kriminalanthropologie ist tot, aber ihr Grundpostulat lebt in populären Vorstellungen von kriminellen Genen oder Chromosomen weiter. Diese modernen Verkörperungen sind ebenso viel wert wie Lombrosos ursprüngliche Version. Daß sie überhaupt unsere Aufmerksamkeit fesseln, illustriert nur die unglückselige Faszination des biologischen Determinismus innerhalb unserer kontinuierlichen Bemühung, eine Gesellschaft reinzuwaschen, in der so viele von uns nur durch die Bezeichnung von Opfern gedeihen.

Das Jahr 1976 war das hundertjährige »Jubiläum« von Lombrosos grundlegendem Dokument (später erweitert zu dem berühmten Buch *L'uomo delinquente*, »Der Verbrecher in anthropologischer, ärztlicher und juristischer Beziehung«). Lombroso beginnt mit einer Reihe von Anekdoten, um darzulegen, daß das Benehmen niedrigerer Tiere nach unseren Maßstäben kriminell ist. Tiere morden, um

Revolten zu unterdrücken; sie schalten sexuelle Rivalen aus; sie töten im Zorn (eine Ameise, die gegen eine widerspenstige Blattlaus ungeduldig wurde, tötete diese und fraß sie auf); sie bilden kriminelle Vereinigungen (drei gemeinsam lebende Biber teilten ein Territorium mit einem einzelnen Individuum; das Trio besuchte den Nachbar und wurde gut behandelt; als der Einzelgänger den Besuch erwiderte, wurde dieser seiner Einsamkeit wegen getötet). Lombroso bezeichnet sogar das Fliegenfangen von fleischfressenden Pflanzen als ein »Äquivalent für ein Verbrechen« (obwohl ich nicht ganz sehen kann, wie es sich von irgendeiner anderen Form des Essens unterscheidet).

Im nächsten Abschnitt untersucht Lombroso die Anatomie von Verbrechern und findet die physischen Zeichen (Stigmata) ihres Status als Rückfall in unsere evolutionäre Vergangenheit. Da er das normale Verhalten von Tieren bereits als kriminell definiert hat, müssen die Taten dieser lebenden Primitiven aus ihrem Wesen stammen. Zu den äffischen Charakteristika der geborenen Verbrecher gehören lange Arme, Greiffüße mit beweglichen großen Zehen und eine niedrige Stirn, große Ohren, ein dicker Schädel, große und vorragende Kiefer, reichliche Behaarung der männlichen Brust und eine herabgesetzte Schmerzempfindlichkeit. Aber die Rückschritte machen nicht auf der Primatenebene halt. Große Eckzähne und ein flacher Gaumen erinnern an eine noch frühere Säugetiervergangenheit. Lombroso vergleicht sogar die erhöhte Asymmetrie des Gesichts bei geborenen Verbrechern mit dem Normalzustand von Plattfischen (beide Augen auf einer Seite des Kopfes)!

Aber es gibt nicht nur physische Stigmata. Auch das Sozialverhalten des geborenen Verbrechers verbindet ihn den Affen und den lebenden menschlichen Wilden. Lombroso betont ganz besonders die Tätowierung, einen üblichen Brauch unter primitiven Stämmen und europäischen Kriminellen. Er legte eine umfangreiche Statistik des Inhalts von kriminellen Tätowierungen an und befand sie als unzüchtig, gesetzlos oder exkulpierend (obwohl man auch, wie er zugeben mußte, lesen konnte: *Vive la France et les pommes de terre frites* »Vivat Frankreich und die Pommes frites«). Im kriminellen Rotwelsch entdeckte er eine eigene Sprache, die in Merkmalen wie Lautmalerei und Personifikation unbelebter Dinge bemerkenswert der Rede wilder Stämme gleiche: »Sie sprechen anders, weil sie anders fühlen; sie sprechen wie Wilde, weil sie wirklich Wilde sind, mitten in unserer glanzvollen europäischen Kultur.«

Lombrosos Theorie war kein Werk der abstrakten Wissenschaft. Er

gründete und leitete aktiv eine internationale Schule für »Kriminalanthropologie«, welche die Speerspitze einer der einflußreichsten sozialen Bewegungen gegen Ende des 19. Jahrhunderts darstellte. Lombrosos »positive« oder »neue« Schule setzte sich leidenschaftlich für Veränderungen in der Gesetzesanwendung und im Strafvollzug ein. Ihre Anhänger betrachteten seine verbesserten Kriterien für die Erkennung von geborenen Verbrechern als erstrangigen Beitrag zur Durchsetzung von Gesetzen. Lombroso schlug sogar eine vorbeugende Kriminologie vor – die Gesellschaft brauche die Tat selbst nicht abzuwarten (und zu erleiden), wenn doch physische und soziale Stigmata den potentiellen Verbrecher definieren. Er kann identifiziert werden (bereits in früher Kindheit), man kann ihn beobachten und ihn bei der ersten Manifestation seiner unveränderlichen Natur wegweisen (Lombroso, ein Liberaler, zog die Verbannung der Todesstrafe vor). Enrico Ferri, Lombrosos nächster Kollege, empfahl, man solle »Tätowierungen, Anthropometrie, Physiognomie, . . . Reflextätigkeit, vasomotorische Reaktionen (Verbrecher, meinte er, erröten nicht) und die Sichtweite« als Kriterien für die Beurteilung durch den Magistrat benutzen.

Die Kriminalanthropologen setzten sich ebenfalls für eine grundsätzliche Reform des Strafvollzugs ein. Die antiquierte christliche Ethik vermeinte, daß Verbrecher für ihre Taten bestraft werden müßten, die Biologie aber erklärte, sie sollten von ihrem eigenen Wesen gerichtet werden. Man passe die Strafe dem Verbrecher an, nicht dem Verbrechen. Gelegenheitsverbrecher, die keine Stigmata tragen und einer Veränderung fähig sind, sollten solange eingesperrt werden, wie es zu ihrer Verbesserung erforderlich ist. Geborene Verbrecher jedoch sind durch ihre Natur verurteilt: »Die theoretische Ethik gleitet über ihr krankes Hirn hinweg wie Öl über Marmor, ohne einzudringen.« Lombroso empfahl eine unwiderrufliche Absonderung vom Leben (in freundlicher, aber isolierter Umgebung), für jeden Rückfalltäter mit den märchenhaften Stigmata. Einige seiner Kollegen waren weniger großzügig. Ein einflußreicher Jurist schrieb an Lombroso:

Sie haben uns finstere und durchtriebene Orang-Utans gezeigt. Es ist offenkundig, daß sie als solche nicht anders handeln können. Wenn sie vergewaltigen, stehlen und töten, geschieht das aufgrund ihres eigenen Wesens und ihrer Vergangenheit, aber umso mehr Grund besteht, sie zu zerstören, wenn es erwiesen ist, daß sie für immer Orang-Utans bleiben werden.

Und Lombroso selbst schloß die »Endlösung« nicht aus:

Die Tatsache, daß solche Geschöpfe wie geborene Verbrecher

existieren, organisch zum Bösen ausgestattet, atavistische Reproduktionen nicht einfach der wilden Menschen, sondern der grimmigsten Tiere, verstärkt nicht im mindesten unser Mitgefühl mit ihnen, wie man gemeint hat, sondern stählt uns gegen jegliches Mitleid.

Noch eine weitere Auswirkung von Lombrosos Schule sollte erwähnt werden. Wenn menschliche Wilde wie geborene Verbrecher äffische Züge bewahrten, dann konnten primitive Stämme – »geringere Brut ohne Gesetz« – als in ihrem Wesen kriminell betrachtet werden. So stellte die Kriminalanthropologie auf dem Höhepunkt der europäischen Kolonialexpansion kräftige Argumente für Rassismus und Imperialismus zur Verfügung. Lombroso bemerkte die verringerte Schmerzempfindlichkeit der Kriminellen und schrieb:

Ihre physische Unempfindlichkeit erinnert an die der wilden Völker, die Initiationsriten und Torturen aushalten, die der weiße Mann niemals ertragen könnte. Alle Reisenden kennen die Gleichgültigkeit von Negern und amerikanischen Wilden gegenüber dem Schmerz: Die ersteren schneiden sich in die Hände und lachen, um Arbeit zu vermeiden; die letzteren singen, wenn sie an den Marterpfahl gebunden sind, fröhlich das Lob ihres Stammes, während sie langsam verbrannt werden. (Ein rassistisches Apriori läßt sich nicht schlagen. Wie viele abendländische Helden starben tapfer unter dem Schmerz der Marter – Johanna verbrannt, Sebastian von Pfeilen durchbohrt, andere Märtyrer gerädert, geschleift, gevierteilt. Aber wenn ein Indianer es unterläßt, zu schreien und um Gnade zu flehen, kann dies nur bedeuten, daß er den Schmerz nicht empfindet.)

Wenn Lombroso und seine Mitstreiter eine fanatische Gruppe von Protonazis gewesen wären, könnten wir das ganze Phänomen als List von bewußten Demagogen abtun. Es hätte dann keine andere Bedeutung als die einer Aufforderung zur Wachsamkeit gegen Ideologen, die die Wissenschaft mißbrauchen. Aber die führenden Kriminalanthropologen waren »aufgeklärte« Sozialisten und Sozialdemokraten, die in ihrer Theorie die Speerspitze für eine rationale, wissenschaftliche Gesellschaft sahen, die auf den menschlichen Realitäten begründet wäre. Die genetische Determinierung der kriminellen Handlung, meinte Lombroso, ist einfach ein Gesetz der Natur und der Evolution:

Wir werden von stummen Gesetzen beherrscht, deren Wirkung nie nachläßt, und die die Gesellschaft mit mehr Autorität regieren, als es die Gesetze jemals können, die in unseren Statuten niedergeschrieben sind. Das Verbrechen scheint ein natürliches Phänomen

zu sein . . . wie Geburt oder Tod.

Nachträglich stellte sich heraus, daß Lombrosos »Realität« ein gesellschaftliches Vorurteil war, welches vorgängig einer vorgeblich objektiven Untersuchung aufgezwungen wurde. Seine Ansichten verdammt viele unschuldige Menschen zu einer Vorverurteilung, die oft als sich selbst erfüllende Prophezeiung wirkte. Sein Versuch, das menschliche Verhalten zu verstehen, indem er ein in unserer Anatomie abgebildetes, angeborenes Potential verzeichnete, diente allein dazu, eine Sozialreform zu verhindern, indem alle Schuld dem Erbe des Kriminellen zugeschoben wurde.

Natürlich nimmt heute niemand mehr die Behauptungen von Lombroso ernst. Seine Statistiken waren unglaublich fehlerhaft; nur ein blindes Vertrauen in die unausweichlichen Schlußfolgerungen konnte zu so viel Schlamperei und Mogelei führen. Im übrigen würde heute niemand mehr lange Arme und vorstehende Kiefer als Zeichen der Unterlegenheit ansehen; die modernen Deterministen suchen tiefer liegende Markierungen in Genen und Chromosomen.

In den hundert Jahren zwischen *L'uomo delinquente* und unseren Jubiläumsnachrufen ist vieles geschehen. Kein seriöser Verfechter der angeborenen Kriminalität empfiehlt mehr unwiderrufliche Haft oder Tod für den unglücklich Veranlagten oder behauptet auch nur, eine natürliche Neigung zu kriminellm Verhalten führe notwendig zu kriminellen Handlungen. Und dennoch ist der Geist Lombrosos noch deutlich spürbar anwesend. Als Richard Speck in Chicago acht Krankenschwestern ermordete, behauptete sein Verteidiger, er könne nichts dafür, da er ein zusätzliches Y-Chromosom habe. (Normale Frauen haben zwei X-Chromosomen, normale Männer ein X und ein Y. Ein kleiner Prozentsatz der Männer hat ein zusätzliches Y-Chromosom, XYY.) Diese Enthüllung rief eine Welle der Spekulation hervor; Artikel über das »kriminelle Chromosom« überfluteten die populären Zeitschriften. Das naiv deterministische Argument konnte sich auf nichts anderes als die folgende Beweisführung stützen: Männer neigen dazu, aggressiver zu sein als Frauen; das könnte genetisch bedingt sein. Wenn es genetisch bedingt ist, muß es am Y-Chromosom liegen; also besitzt jeder, der über ein zweites Y-Chromosom verfügt, eine doppelte Dosis Aggressivität und könnte zu Gewalt und Kriminalität neigen. Aber die rasch zusammengerafften Informationen über XYY-Männer in Gefängnissen scheinen hoffnungslos mehrdeutig zu sein, und schließlich stellte sich auch noch heraus, daß Speck selbst ein XY-Mann ist. Einmal mehr erregt der biologische Determinismus Aufsehen, bringt eine Welle von Diskus-

sion und Party-Geschwätz hervor, um sich dann mangels Beweisen aufzulösen. Warum regen uns Hypothesen über eine angeborene Veranlagung so auf? Warum wollen wir die Verantwortung für unsere Neigung zu Gewalt und Sexismus unseren Genen andrehen? Das untrügliche Zeichen der Menschlichkeit ist nicht nur unsere geistige Befähigung, sondern auch unsere geistige Beweglichkeit. Wir haben unsere Welt gemacht, und wir können sie verändern.

VIII WISSENSCHAFT UND POLITIK DER MENSCHLICHEN NATUR

TEIL A RASSE, GESCHLECHT UND GEWALT

29 *Warum wir menschliche Rassen nicht benennen sollten – eine biologische Betrachtung*

Taxonomie ist das Studium der Klassifikation. Strenge Regeln der Taxonomie wenden wir auf andere Lebensformen an, aber wenn wir zu der Spezies kommen, die wir am besten kennen sollten, haben wir besondere Probleme.

Gewöhnlich unterteilen wir unsere Spezies in Rassen. Nach den Regeln der Taxonomie heißen alle formalen Unterteilungen einer Art Subspezies. Also sind menschliche Rassen die Subspezies von *Homo sapiens*.

Im Laufe der letzten zehn Jahre hat man in vielen Kreisen die Praxis nach und nach aufgegeben, Arten in Subspezies aufzuteilen, weil die Einführung quantitativer Techniken andere Methoden für die Untersuchung der geographischen Variabilität innerhalb einer Art nahelegt. Die Kennzeichnung menschlicher Rassen kann und soll nicht von den sozialen und ethischen Fragen geschieden werden, die allein unsere Spezies betreffen. Nichtsdestoweniger fügen diese neuen taxonomischen Verfahrensweisen einer alten Debatte ein allgemeines und rein biologisches Argument hinzu.

Ich behaupte, daß die Aufrechterhaltung einer rassischen Klassifikation von *Homo sapiens* einen veralteten Lösungsversuch für das Problem der Differenzierung innerhalb einer Art darstellt. Mit anderen Worten, ich lehne die rassische Klassifikation der Menschen aus den selben Gründen ab, die es mir nahelegen, die unglaublich variablen Westindischen Landschnecken, die Gegenstand meiner eigenen Forschung sind, nicht in Subspezies einzuteilen.

Argumente gegen eine rassische Klassifikation sind schon oft vorgebracht worden, insbesondere von elf Autoren in *The Concept of Race*, einem Buch, das Ashley Montagu 1964 herausgegeben hat. Aber jene Ansichten konnten keine allgemeine Zustimmung erringen, weil die taxonomische Praxis vor einem Jahrzehnt noch die Routinebezeichnung von Subspezies stützte. So drückte zum Beispiel Theodosius Dobzhansky 1962 sein Erstaunen aus, »daß einige Autoren sich eingeredet haben, sie könnten leugnen, daß die menschliche Art überhaupt Rassen hat!... Ganz wie die Zoologen eine große

Vielfalt der Tiere beobachten, werden die Anthropologen mit einer Vielfalt von Menschen konfrontiert . . . Die Rasse ist ein Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchung und Analyse, weil sie nun einmal ein Faktum der Natur ist.« Und in einer Auseinandersetzung mit Ashley Montagu schrieb Grant Bogue kürzlich: »Einige akademische Versager haben gesagt: nein, das ist alles ein Fehler . . . und einige sind gar so weit gegangen, anzudeuten, selbst der Begriff der Rasse entstamme allein unserem Hirn . . . Auf diese Herausforderung gibt es verschiedene Antworten. Eine wurde schon oft ausgesprochen: Rasse ist evident.«

In diesen Argumenten liegt eine blendende Täuschung. Geographische Variabilität, nicht Rasse ist evident. Niemand kann bestreiten, daß *Homo sapiens* eine stark differenzierte Spezies ist; wenige werden der Beobachtung widersprechen, daß Unterschiede der Hautfarbe das auffälligste äußere Zeichen dieser Variabilität sind. Aber das Faktum der Variabilität erfordert keineswegs die Benennung von Rassen. Es gibt geeignetere Wege, um die Unterschiede zwischen den Menschen zu erforschen.

Die Kategorie der Spezies hat einen besonderen Status in der taxonomischen Hierarchie. Nach der Lehre des »biologischen Spezies-Begriff« stellt jede Spezies eine »wirkliche« Einheit in der Natur dar. Ihre Definition spiegelt dieses Status wieder: »eine Population von aktuell oder potentiell untereinander fortpflanzungsfähigen Organismen, die einen gemeinsamen Gen-Pool teilen.« Oberhalb der Ebene der Spezies begegnen wir einer gewissen Willkür. Was der eine Gattung nennt, mag für den anderen eine Familie sein. Nichtsdestoweniger gibt es gewisse Regeln, die beim Aufbau von Hierarchien befolgt werden müssen. Man kann zum Beispiel nicht zwei Mitglieder des gleichen Taxon (zum Beispiel einer Gattung) in zwei verschiedene Taxa einer höheren Kategorie einordnen (Familien oder Ordnungen zum Beispiel).

Unterhalb der Art gibt es nur noch Subspezies. In *Systematics and the Origin of Species* (Columbia University Press 1942) definiert Ernst Mayr diese Kategorie: »Die Subspezies oder geographische Rasse ist eine geographisch lokalisierte Unterabteilung der Spezies, die sich genetisch und taxonomisch von anderen Unterabteilungen der Spezies unterscheidet.« Es gibt also zwei Kriterien, denen wir genügen müssen: 1. Eine Subspezies muß an Merkmalen der Morphologie, der Physiologie oder des Verhaltens erkennbar sein, das heißt sie muß sich »taxonomisch« (und folglich genetisch) von anderen Subspezies unterscheiden; und 2. muß eine Subspezies eine Abteilung der gesamten

geographischen Verbreitung der Art einnehmen. Wenn wir uns entschließen, die Variation innerhalb einer Art durch die Aufstellung von Subspezies zu kennzeichnen, verteilen wir ein Spektrum der Variation auf abgesonderte Päckchen mit deutlichen geographischen Grenzen und erkennbaren Charakteristika.

Die Subspezies unterscheidet sich in zwei grundlegende Aspekten von allen anderen taxonomischen Kategorien: 1. Ihre Grenzen können nie starr und endgültig sein, da definitionsgemäß das Mitglied einer Subspezies mit dem Mitglied einer anderen Subspezies seiner Art fortpflanzungsfähig ist (eine Gruppe, die mit den Mitgliedern einer anderen nahe verwandten Form keine Nachkommen hervorbringt, muß als volle Spezies bezeichnet werden); 2. die Kategorie muß nicht notwendig benutzt werden. Jeder Organismus muß zu einer Art gehören, jede Art muß zu einer Gattung gehören, jede Gattung zu einer Familie und so weiter. Aber es ist nicht erforderlich, daß eine Art in Subspezies unterteilt wird. Die Kategorie der Subspezies dient der Bequemlichkeit. Wir gebrauchen sie nur, wenn wir annehmen, unser Verständnis der Variabilität werde durch die Absonderung von geographisch begrenzten Päckchen innerhalb der Art erweitert. Viele Biologen meinen heute, es sei nicht nur unbequem, sondern auch geradezu irreführend, den dynamischen Strukturen der Variabilität, denen wir in der Natur begegnen, eine formale Nomenklatur aufzuzwingen.

Wie können wir mit der reichen Variabilität umgehen, die so viele Arten, einschließlich unserer eigenen, kennzeichnet? Beispielhaft für das alte Verfahren ist eine Monographie über die geographische Variation der Hawai-Baumschnecke, *Achatinella apexfulva*, erschienen 1942. Der Autor verteilte diese erstaunlich variable Art auf achtundsiebzig formelle Subspezies sowie sechzig zusätzliche »mikro-geographische Rassen« (für Einheiten, die ein wenig zu unscharf für den Status einer Subspezies sind). Jede Unterabteilung erhielt einen Namen und eine formale Beschreibung. Im Ergebnis entstand ein umfangreicher und nahezu unlesbarer Band, der eins der interessantesten Phänomene der Evolutionsbiologie im Dickicht von Namen und statischen Deskriptionen begräbt.

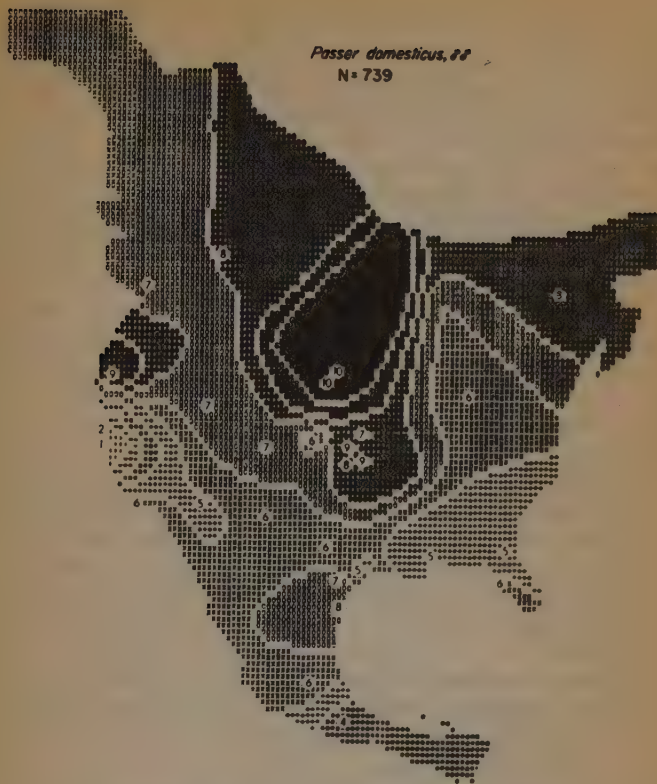
Und doch gibt es in dieser Art Variationsstrukturen, die jeden Biologen faszinieren würden: Korrelation zwischen Schalenform, Höhe und Regenfall, eine Variation, die subtil den klimatischen Bedingungen angepaßt ist, Wanderwege, die sich in der Verteilung der farbigen Markierungen der Schneckenhäuser widerspiegeln. Sollten wir mit solcher Variation wirklich katalogisierend verfahren?

Sollen wir eine solche dynamische und kontinuierliche Struktur künstlich in distinkte Einheiten mit formalen Namen abteilen? Wäre es nicht besser, diese Variabilität kartographisch objektiv zu verzeichnen, statt ihr die subjektiven Kriterien für die formelle Unterteilung aufzuzwingen, die jeder Taxonom anwenden muß, wenn er eine Subspezies benennt?

Ich glaube, heute würden die meisten Biologen meine letzte Frage mit »ja« beantworten; ich glaube sogar, daß sie das auch vor dreißig Jahren getan hätten. Warum also führen sie fort, an die geographische Variation mit der Aufstellung von Subspezies heranzugehen? Das taten sie, weil noch keine objektiven Techniken für die kartographische Verzeichnung der kontinuierlichen Variationen in einer Art entwickelt worden waren. Sie konnten natürlich die Distribution eines einzigen Charakteristikums, etwa der Körpergewichts, verzeichnen. Aber die Variation eines einzigen Zuges ist nur ein blasse Schatten der Variationsstrukturen, die so viele Merkmale gleichzeitig betreffen. Überdies erhebt sich das klassische Problem der »Inkongruenz«. Karten, welche die Distribution anderer Einzelzüge abbilden, zeigen fast immer andere Verteilungen: Die Größe mag in kaltem Klima groß und in warmem klein sein, während die Farbe im offenen Land hell und im Wald dunkel sein kann.

Ein befriedigendes Verfahren für eine objektive kartographische Verzeichnung erfordert die gleichzeitige Darstellung der Variation vieler Charakteristika. Diese gleichzeitige Behandlung nennt man »multivariate Analyse«. Statistiker haben schon vor vielen Jahren die grundlegenden Theorien der multivariaten Analyse entwickelt, aber ihre Routineanwendung konnte vor der Erfindung großer elektronischer Computer nicht einmal erwogen werden. Die erforderlichen Berechnungen sind äußerst aufwendig und übersteigen weit die Möglichkeiten eines Tischrechners oder der menschlichen Geduld; aber der Computer kann sie in Sekunden durchführen.

Im Laufe des letzten Jahrzehnts hat sich die Untersuchung der geographischen Variation durch die Anwendung der multivariaten Analyse verändert. Fast alle Verfechter der multivariaten Analyse haben es abgelehnt, Subspezies zu benennen. Eine kontinuierliche Distribution läßt sich nicht kartographisch verzeichnen, wenn alle Exemplare zuvor gesonderten Unterabteilungen zugeordnet werden müssen. Ist es nicht besser, jede lokale Probe mit ihrer eigenen Morphologie zu kennzeichnen und dann nach interessanten Regelmäßigkeiten in den so entstandenen Karten zu suchen?



Die von einem Computer erzeugte und gezeichnete Landkarte zeigt die Verteilung des männlichen Haussperlings in Nordamerika gemäß der Körpergröße. Die höheren Zahlen zeigen größere Spatzen an, auf der Grundlage von sechzehn verschiedenen Messungen am Skelett des Vogels.

Der englische Sperling zum Beispiel wurde in den 1850er Jahren nach Nordamerika eingeführt. Seitdem hat er sich in bemerkenswertem Ausmaß geographisch verbreitet und morphologisch differenziert. Früher ging man diese Variation durch die Benennung von Subspezies an. R. F. Johnston und R. K. Selander (in *Science* 1964, S. 550)

wollten dies Verfahren nicht länger anwenden. »Wir sind nicht davon überzeugt,« sagten sie, »daß für ein offensichtlich dynamisches System die Stasis einer Nomenklatur wünschenswert ist.« Stattdessen verzeichneten sie die multivariaten Strukturen der Variation kartographisch. Ich habe hier eine ihrer Karten reproduziert, welche die Kombination von sechzehn morphologischen Merkmalen berücksichtigt und damit die Körpergröße darstellt. Die Variation erfolgt kontinuierlich und geregelt. Große Spatzen neigen dazu, in den nördlichen Gebieten des Inlands zu leben, während kleine Spatzen südliche und Küstengebiete bewohnen. Der enge Zusammenhang zwischen größerem Körper und kaltem Winterklima ist offensichtlich. Aber hätten wir ihn so klar gesehen, wenn die Variation mit einem formalen Satz lateinischer Namen ausgedrückt worden wäre, die das Kontinuum unterteilt? Überdies spiegelt das Muster der Variation die Auswirkung eines wesentlichen Prinzips in der Distribution von Tieren wieder. Die Bergmann-Regel besagt, daß Mitglieder einer warmblütigen Art dazu neigen, in kaltem Klima größer zu werden. Die übliche Erklärung für diese Regelmäßigkeit geht vom Verhältnis zwischen Größe und relativer Oberfläche aus (vgl. die Essays in Teil VI). Große Tiere haben relativ weniger Oberfläche als kleinere. Da die Tiere durch Abstrahlung an der Oberfläche Wärme verlieren, hilft eine Abnahme der relativen Oberfläche, den Körper warm zu halten. Natürlich sind die Strukturen der geographischen Variation nicht stets so regelmäßig.

Bei manchen Arten gibt es lokale Populationen, die sich stark von den unmittelbar benachbarten Gruppen unterscheiden. Aber auch hier ist es besser, solche Strukturen objektiv auf einer Karte zu verzeichnen, als sie mit statischen Namen zu belegen.

Allmählich beginnt die multivariate Analyse, auch auf die Untersuchung der menschlichen Variation ähnliche Wirkungen auszuüben. J. B. Birshall hat einige hervorragende Bücher geschrieben, welche gemäß dem üblichen Brauch ihrer Zeit die Menschheit in Rassen einteilt. Kürzlich hat er die multivariate Analyse auf die Genhäufigkeit von Blutgruppen unter australischen Eingeborenen angewendet. Er lehnt jede Unterteilung in diskrete Einheiten ab und schreibt: »Es kann gut möglich sein, daß die Erforschung von Wesen und Stärke der evolutionären Kräfte das Ziel ist, das weiter verfolgt wird, während das Vergnügen, den Menschen zu klassifizieren, wegfällt, vielleicht für immer.«

Als eine Gruppe von jungen Mädchen in Anwesenheit einer als Hexe verklagten Person gleichzeitig Anfälle erlitt, konnten sich die Richter im Salem des siebzehnten Jahrhunderts das nicht anders erklären als durch echte dämonische Besessenheit. Als die Anhänger von Charlie Manson ihrem Anführer okkulte Kräfte zuschrieben, nahm kein Richter sie ernst. In den fast dreihundert Jahren, die zwischen den beiden Ereignissen liegen, haben wir wirklich über die sozialen, ökonomischen und psychologischen Determinanten des Gruppenverhaltens ein bißchen dazu gelernt. Eine grob buchstäbliche Interpretation solcher Vorfälle erscheint heute lächerlich.

Eine ähnlich grobe Wörtlichkeit pflegte bei der Deutung der menschlichen Natur und der Unterschiede zwischen Gruppen von Menschen vorzuherrschen. Das menschliche Verhalten wurde auf eine angeborene Biologie zurückgeführt; was wir tun, geschieht, weil wir nun einmal so sind. Die erste Lektion einer Fibel im 18. Jahrhundert stellte das hinreichend klar: Mit Adams Fall haben wir alle gesündigt. Die Abwendung von solchem biologischen Determinismus gehört zu den wesentlichen Bewegungen in der Wissenschaft und Kultur des 20. Jahrhunderts. Wir haben angefangen, uns selbst als ein lernendes Tier zu sehen; wir sind zu der Überzeugung gelangt, daß die Einflüsse von Klasse und Bildung bei weitem schwerer wiegen als die Vorbestimmungen durch unsere genetische Konstitution.

Nichtsdestoweniger sind wir im letzten Jahrzehnt von einer Welle des wiedererstehenden biologischen Determinismus überschwemmt worden, der von der »populären Ethologie« bis zu direktem Rassismus reicht.

Mit Konrad Lorenz als Taufpate, Robert Ardrey als Dramaturg und Desmond Morris als Erzähler wurden wir mit dem Menschen als »nacktem Affen« beglückt, der von einem afrikanischen Fleischfresser abstammt, über angeborene Aggressivität verfügt und von Natur aus sein Territorium verteidigt.

Lionel Tiger und Robert Fox versuchen, eine biologische Grundlage für die veralteten abendländischen Ideale der Aggressivität beim Mann und der Gefügigkeit bei der Frau zu finden. Bei der Erörterung von Unterschieden zwischen Mann und Frau, die quer durch die Kulturen verlaufen, wollen sie von einer Chemie der Hormone überzeugen, die wir aus den Erfordernissen unserer vorgeblich primären Rollen als Gruppenjäger und Kindeserzieherinnen ererbt haben sollen.

Carleton Coon gab einen Vorgeschmack davon, was noch kommen kann, indem er behauptete (*The Origin of Races*, 1962), daß sich die fünf menschlichen Hauptrassen unabhängig von einander aus dem homo erectus (Java- und Pekingmensch) entwickelten, wobei die Schwarzen den Übergang zum homo sapiens als letzte vollzogen. Erst vor kurzem wurde der IQ-Test dazu benutzt und mißbraucht, genetische Unterschiede der Intelligenz zwischen den Rassen nachzuweisen (Arthur Jensen und William Shockley), sowie zwischen Klassen (Richard Herrnstein) – stets natürlich zum Vorteil derjenigen Gruppe, welcher der Autor zufällig angehört (vgl. den nächsten Essay).

Alle diese Ansichten sind auf individueller Basis kritisiert worden; aber sie sind selten zusammen als Ausdruck einer gemeinsamen Geisteshaltung – eines kruden biologischen Determinismus – behandelt worden. Man kann natürlich eine einzelne unter jenen Behauptungen akzeptieren und die anderen zurückweisen. Der Glaube an die Angeborenheit der menschlichen Gewalt macht niemanden zum Rassisten. Aber alle diese Vorstellungen sind gemeinsam von dem Postulat untermauert, es gebe eine direkte genetische Basis unserer wesentlichsten Charakterzüge. Wenn unsere Natur vorprogrammiert ist, lassen sich diese Züge nicht vermeiden. Wir können sie dann bestenfalls kanalisieren, aber nicht verändern, weder durch Willenskraft noch Erziehung noch Bildung.

Wenn wir die üblichen Plattitüden über die »wissenschaftliche Methode« als bare Münze nehmen, muß die koordinierte Auferstehung des biologischen Determinismus neuen Informationen zugeschrieben werden, die früheren Ergebnissen der Wissenschaft im 20. Jahrhundert widersprechen. Die Naturwissenschaft, so erzählt man uns, schreitet voran, indem sie neue Informationen sammelt und diese benutzt, um alte Theorien zu verbessern oder zu ersetzen. Aber der neue biologische Determinismus beruht keineswegs auf einem neuen Fundus an Informationen und kann nicht eine einzige unzweideutige Tatsache zu seinen Gunsten anführen. Seine neuerliche Unterstützung muß eine andere Grundlage haben; höchstwahrscheinlich von gesellschaftlicher oder politischer Natur.

Die Naturwissenschaft wird stets von der Gesellschaft beeinflusst, aber zugleich arbeitet sie unter einem starken Zwang der Tatsachen. Wenn die Kirche schließlich und endlich ihren Frieden mit Galilei machte, so deswegen, weil die Erde sich nun einmal wirklich um die Sonne dreht. Bei der Untersuchung genetischer Komponenten von so komplexen menschlichen Zügen wie Intelligenz oder Aggressivität hingegen sind

wir vom Zwang der Fakten befreit, denn wir wissen so gut wie nichts. Bei solchen Fragen folgt die »Naturwissenschaft« den auf die einwirkenden gesellschaftlichen und politischen Einflüssen (und drückt sie aus).

Worin bestehen dann also die nichtwissenschaftlichen Ursachen, die die Auferstehung des biologischen Determinismus begünstigt haben? Sie reichen, wie ich glaube, vom prosaischen Verlangen nach hohen Honoraren für Bestseller bis zum gefährlichen Versuch, den Rassismus wieder als ehrbare Wissenschaft einzuführen. Ihr gemeinsamer Nenner muß in unserem gegenwärtigen Unbehagen liegen. Wie befriedigend ist es doch, die Verantwortung für Krieg und Gewalt unseren fleischfressenden Vorfahren zuzuschieben. Wie bequem, die Armen und Hungrigen für ihre Lage selbst schuldig zu machen – sonst wären wir ja gezwungen, unser ökonomisches System oder unsere Regierung zu beschuldigen, bei der Sicherung eines bescheidenen Auskommens für alle Menschen schmählich gescheitert zu sein. Und wie bequem ist das Argument für jene, die die Regierung kontrollieren und übrigens die finanziellen Mittel zur Verfügung stellen, welche die Wissenschaft für ihre eigene Existenz fordert.

Die deterministischen Argumente lassen sich deutlich in zwei Gruppen scheiden – solche, die ihre Grundlage im vorgeblichen Wesen unserer Art insgesamt haben, und solche, die vorgebliche Unterschiede zwischen den »rassischen Gruppen« des Homo sapiens beschwören. Hier diskutiere ich das erste Thema und behandle das zweite im nächsten Essay.

Kurz zusammengefaßt behauptet der Hauptstrom der populären Ethologie, daß im Pleistozän zwei Abstammungslinien von Hominiden Afrika bewohnten. Wir entstanden evolutionär aus einem kleinen, sein Territorium verteidigenden Fleischfresser; der andere, ein größerer, vermutlich freundlicher Pflanzenfresser, starb aus. Einige Autoren führen die Analogie mit Kain und Abel bis ans bittere Ende und bezichtigten unsere Ahnen des Brudermordes. Der Übergang zum Raub durch Jagd errichtete eine Struktur der angeborenen Aggressivität und erzeugte unsere territorialen Ansprüche: »Zusammen mit dem Jagdleben kam für den entstehenden Hominiden auch die Hingabe an sein Territorium« (Ardrey, *The territorial Imperative*). Wir können uns anziehen, urbanisieren und zivilisieren, aber tief in uns tragen wir die genetischen Verhaltensmuster unseres Vorfahrs, des »Killer-Affen«. In *African Genesis* verflacht Ardrey die Ansicht von Raymond Dart, daß »der Übergang zur Jagd und zu zweckmäßigen Waffen die blutige Geschichte des Menschen erklärt, seine ewige

Aggressivität, sein irrationales, selbstzerstörerisches, unausrottbares Streben nach dem Tode um des Todes willen.«

Tiger und Fox erweitern das Thema der Gruppenjagd bis zu der Behauptung, es gebe eine biologische Grundlage für jene Unterschiede zwischen Männern und Frauen, welche die abendländischen Kulturen traditionellerweise geschätzt haben. Die Männer gingen auf die Jagd, die Frauen blieben zu Hause bei den Kindern. Männer sind aggressiv und kämpferisch, aber sie entwickeln auch feste Bindungen untereinander, die die einstige Notwendigkeit der Zusammenarbeit bei der Großwildjagd widerspiegeln und sich heute im Fußball und im Rotary-Club ausdrücken. Frauen sind fügsam und geben sich den Kindern hin. Sie entwickeln keine engen Bindungen untereinander, weil ihre Urgroßmütter dessen nicht bedurften, um Haus und Mann zu lenken: Schwesterlichkeit ist eine Illusion. »Wir sind für die Jagd programmiert... Wir bleiben Jäger der Altsteinzeit, sorgfältig geschliffene Maschinen, entworfen für die erfolgreiche Verfolgung von Wild.« (Tiger and Fox, *The Imperial Animal*.)

Diese Geschichte beruht auf zwei vorgeblich beweiskräftigen Argumentationslinien, die beide in hohem Grade zweifelhaft sind:

1. Analogien mit dem Verhalten anderer Tiere (viele, aber unvollkommene Daten). Niemand zweifelt daran, daß viele Tiere (einschließlich einiger, aber nicht aller Primaten) angeborene Strukturen der Aggressivität und der territorialen Verteidigung aufweisen. Wenn wir ein ähnliches Verhalten zeigen, können wir dann auf die gleiche Ursache schließen? Der Trugschluß in einer solchen Annahme verweist auf ein Hauptthema der Evolutionstheorie. Ihre Vertreter teilen die Ähnlichkeiten zwischen zwei Arten in *homologe* Züge, die einer gemeinsamen Abstammung und einer gemeinsamen genetischen Konstitution entstammen, und in *analoge* Züge ein, die sich unabhängig voneinander entwickelt haben.

Vergleiche zwischen Menschen und anderen Tieren können nur dann zu Ursachenbehauptungen über die Genetik unseres Verhaltens führen, wenn sie auf homologen Zügen beruhen. Aber wie können wir erfahren, ob die Ähnlichkeiten homolog oder analog sind? Das ist oft schon schwer zu entscheiden, wenn wir es mit konkreten Bildungen wie Knochen oder Muskeln zu tun haben. Tatsächlich beruhen die meisten klassischen Argumente im Studium der Phylogenese auf einer Verwirrung zwischen Homologie und Analogie, denn analoge Strukturen können verblüffend ähnlich sein (dies Phänomen nennen wir evolutionäre Konvergenz). Um wie viel schwerer muß die Entscheidung sein, wenn die ähnlichen Merkmale nur in den äußeren Abläufen

des Verhaltens bestehen! Paviane mögen ihr Territorium verteidigen; ihre Männchen mögen sich nach einer Hierarchie der Dominanz organisieren – aber ist unser Streben nach »Lebensraum« und die Hierarchie in unseren Armeen der Ausdruck einer gleichen genetischen Disposition oder einfach eine analoge Struktur, deren Ursprung rein kulturell bedingt sein könnte? Und wenn Lorenz uns mit Gänsen und Fischen vergleicht, geraten wir noch tiefer in die reine Konjektur; Paviane sind wenigstens Vetter zweiten Grades.

2. Beweise aus Hominiden-Fossilien (fragmentarische, aber direkte Daten). Ardreys Verteidigung des territorialen Verhaltens beruht auf der Annahme, daß unser afrikanischer Ahn, *Australopithecus africanus*, ein Fleischfresser war. Er entnimmt seine »Beweise« den Anhäufungen von Knochen und Werkzeugen in einigen afrikanischen Höhlen und der Größe und Form der Zähne. Die Knochenhaufen werden längst nicht mehr ernst genommen; sie dürften eher die Hinterlassenschaft von Hyänen als die von Hominiden sein.

Die Zähne haben einen besseren Ruf, aber ich glaube, daß ihre Beweiskraft gleichermaßen kümmerlich, wenn nicht vollkommen widersprüchlich ist. Das Argument beruht auf der relativen Größe der (prämolaren und molaren) Mahlzähne. Pflanzenfresser brauchen eine größere Zahnoberfläche, um ihre harte und reichliche Nahrung zu kauen. *A. robustus*, der vorgeblich sanfte Pflanzenfresser, hatte relativ größere Mahlzähne als sein fleischfressender Verwandter, unser Ahnherr *A. africanus*.

Aber *A. robustus* war ein größeres Geschöpf als *A. africanus*. Wenn die Größe eines Tieres zunimmt, muß es einen Körper ernähren, der in der dritten Potenz der Länge zunimmt, während die Kaufläche der Zähne nur im Quadrat der Länge zunimmt, sofern sie die gleiche relative Größe behalten (vgl. die Essays in Teil VI). Da dies nicht ausreicht, müssen größere Säugetiere differentiell größere Zähne haben als ihre kleineren Verwandten. Ich habe diese Behauptung überprüft und die Zahnflächen und Körpergrößen für die Arten verschiedener Gruppen von Säugetieren vermessen (Nagetiere, schweineähnliche Pflanzenfresser, Hirsche, sowie verschiedene Gruppen von Primaten). Ausnahmslos erwies sich, daß größere Tiere relativ größere Zähne haben – nicht, weil sie andere Nahrung fressen, sondern einfach, weil sie größer sind.

Überdies sind die »kleinen« Zähne von *A. africanus* überhaupt nicht so zierlich. Sie sind *absolut größer* als die unseren (obwohl wir dreimal so schwer sind), und sie sind ungefähr so groß wie die von Gorillas, die etwa zehnmal so viel wiegen! Das Zeugnis der Zahngröße beweist mir,

daß *A. africanus* im wesentlichen ein Pflanzenfresser war. Das Thema des biologischen Determinismus ist keine abstrakte Angelegenheit, die in akademisch-klösterlicher Abgeschlossenheit zu diskutieren wäre. Ardreys dubiose Theorie ist ein wesentliches Thema von Kubricks *2001*. Das Knochenwerkzeug unseres affenähnlichen Vorfahren zerschmettert anfangs den Schädel eines Tapirs und wirbelt dann herum, um sich in die Raumstation unseres nächsten evolutionären Stadiums zu verwandeln – wie das Thema des Übermenschen aus dem *Zarathustra* von Richard Strauss der *Schönen blauen Donau* von Johann Strauß weicht. Der nächste Film von Kubrick, *Clockwork Orange*, setzt das Thema fort und untersucht das Dilemma, das aus der Behauptung einer dem Menschen angeborenen Gewalttätigkeit entsteht. (Sollen wir totalitäre Kontrollen für die Deprogrammierung der Massen akzeptieren, oder sollen wir innerhalb einer Demokratie böse und ungezogen bleiben?) Aber die unmittelbarste Wirkung wird spürbar, wenn das männliche Privileg sich anschickt, die wachsende Frauenbewegung zu bekämpfen. Wie K. Millett in *Sexual Politics* bemerkt: »Das Patriarchat findet einen starken und mächtigen Halt in seiner erfolgreichen Angewohnheit, sich selbst als Natur auszugeben.«

31 Rassistische Argumentation und Intelligenzquotient

Louis Agassiz, der größte amerikanische Biologe in der Mitte des 19. Jahrhunderts, war der Ansicht, Gott habe die Weißen und die Schwarzen als getrennte Arten geschaffen. Die Verteidiger der Sklaverei schöpften warmen Trost aus dieser Behauptung, denn die biblischen Gebote der Wohltätigkeit und Gleichheit brauchten sich nicht über die Grenze der Spezies hinweg zu erstrecken. Was konnten diejenigen noch sagen, die die Abschaffung der Sklaverei verfochten? Die Wissenschaft hatte ihr kaltes, leidenschaftsloses Licht auf den Gegenstand geworfen; christliche Hoffnung und Sentimentalität konnte dagegen nichts ausrichten.

Ähnliche Argumente, die scheinbar wissenschaftlich abgesegnet sind, wurden immer wieder vorgebracht und versuchten, den Gleichheitsgedanken mit sentimentaler Hoffnung und gefühlvoller Verblendung gleichzusetzen. Menschen, die sich dieser historischen Struktur nicht bewußt sind, neigen dazu, jedes neue Auftreten für bare Münze zu nehmen: Sie vermuten also, jede derartige Behauptung stamme aus den vorgeführten »Daten«, nicht aus den gesellschaftlichen Bedingungen, die sie in Wirklichkeit hervorbringen.

Die rassistischen Argumente des 19. Jahrhunderts basierten in erster Linie auf der Kraniometrie, den Vermessungen menschlicher Schädel. Heute finden die daraus gewonnenen Annahmen keinerlei Glauben mehr. Was aber die Kraniometrie für das 19. Jahrhundert war, sind die Intelligenztests für das unsere. Der Sieg der eugenischen Bewegung im Immigration Restriction Act (Einwanderungs-Beschränkungs-Akte) von 1924 signalisiert deren ersten unseligen Erfolg – denn die scharfen Beschränkungen für Nicht-Europäer sowie Süd- und Osteuropäer wurden nachdrücklich von den Ergebnissen der ersten extensiven und gleichförmigen Anwendung von Intelligenztests in Amerika gestützt, von den Army Mental Tests des Ersten Weltkriegs. Diese Tests wurden von dem Psychologen Robert M. Yerkes erstellt und durchgeführt, der den Schluß zog, »Erziehung allein werde die Negerrasse nicht auf die gleiche Stufe mit ihren kaukasischen Konkurrenten stellen«. Es ist heute deutlich, daß Yerkes und seine Kollegen unfähig waren, die genetischen Einflüsse von den Umwelteinflüssen zu sondern, wenn sie Ursachen für die unterschiedlichen Testergebnisse postulierten.

Die letzte Episode dieses wiederkehrenden Dramas begann 1969, als Arthur Jensen einen Artikel mit dem Titel »How Much Can We Boost IQ and Scholastic Achievement?« (»In welchem Maß können wir IQ und akademischen Erfolg in die Höhe treiben?«) in der *Harvard Educational Review* veröffentlichte. Wiederum wurde der Anspruch erhoben, neue und unerfreuliche Informationen seien ans Licht gekommen, und die Wissenschaft habe die »Wahrheit« auszusprechen, auch wenn sie einigen Lieblingsgedanken der liberalen Weltanschauung widerspreche.

Und wiederum, möchte ich zeigen, hatte Jensen keine neuen Daten; und was er vorbrachte, war irreparabel von Widersprüchen und unlogischen Behauptungen durchzogen.

Jensen nimmt an, daß die IQ-Tests etwas, was wir »Intelligenz« nennen können, adäquat messen. Dann versucht er, die genetischen und die umweltbedingten Faktoren auseinander zu klauben, welche die unterschiedlichen Ergebnisse verursachen. Dies tut er in erster Linie mittels des einzigen natürlichen Experiments, über das wir verfügen: eineiige Zwillinge, die getrennt voneinander aufgezogen wurden – denn Unterschiede im IQ zwischen genetisch identischen Menschen können nur durch die Umwelt verursacht sein. Der durchschnittliche Unterschied im IQ von eineiigen Zwillingen ist geringer als der Unterschied bei zwei nicht verwandten Individuen, die in ähnlich unterschiedlicher Umgebung aufgewachsen sind. Aus den

Daten für Zwillinge gewinnt Jensen eine Schätzung für den Umwelteinfluß. Er folgert, daß der IQ eine Erbllichkeit von 0,8 (also 80 Prozent) hat, und zwar *innerhalb* der Population von amerikanischen und europäischen Weißen. Der durchschnittliche Unterschied zwischen amerikanischen Schwarzen und Weißen beträgt 15 IQ-Punkte (eine Standard-Abweichung). Er versichert, dieser Unterschied sei zu groß, um von der Umwelt beeinflußt zu sein, wenn man die hohe Erbllichkeit des IQ bedenke. Damit niemand auf die Idee verfällt, Jensen schreibe in der Tradition abstrakter Gelehrsamkeit, möchte ich nur den ersten Satz seiner berühmten Arbeit zitieren: »Man hat es mit kompensatorischer Erziehung versucht, und offensichtlich war sie erfolglos.« Ich glaube, Jensens Argumentation kann auf »hierarchische« Weise widerlegt werden – das heißt, wir können sie auf einer Ebene disqualifizieren und dann zeigen, daß sie auch auf einer allgemeineren Ebene versagt, selbst wenn wir sie auf den ersten beiden Ebenen akzeptieren:

Erste Ebene: Die Gleichsetzung des IQ mit der Intelligenz. Wer weiß, was der IQ eigentlich mißt? Er ist ein guter Indikator des schulischen »Erfolgs«, aber ist ein solcher Erfolg das Resultat von Intelligenz, Arschkriecherei oder der Verinnerlichung von jenen Werten, die die Führer der Gesellschaft bevorzugen? Einige Psychologen umgehen dies Problem, indem sie Intelligenz operational als die Daten definieren, die mit »Intelligenz«-Tests gewonnen werden. Ein feiner Trick. Nur entfernt sich dann die wissenschaftliche Definition der Intelligenz so weit von der umgangssprachlichen, daß wir nicht mehr recht wissen, worum es eigentlich geht. Aber wir wollen einmal (obwohl ich es für falsch halte) um der Argumentation willen annehmen, der IQ messe einen bedeutungsvollen Aspekt der Intelligenz im umgangssprachlichen Sinne.

Zweite Ebene: Die Erbllichkeit des IQ. Hier begegnen wir wiederum einer Verwirrung zwischen umgangssprachlicher und wissenschaftlicher Bedeutung desselben Wortes. »Vererbt« bedeutet für den Laien »festgelegt«, »unausweichlich«, »unveränderlich.« Für einen Genetiker bedeutet »vererbt« den geschätzten Wert der Ähnlichkeit zwischen verwandten Individuen aufgrund der gemeinsamen Gene. Der Ausdruck hat für ihn keine Implikationen von Unvermeidlichkeit oder unveränderlichen Entitäten, die jenseits der Reichweite von Umwelteinflüssen liegen würden. Eine Brille kann eine Vielzahl von vererbten Sichtproblemen korrigieren; Insulin hilft gegen Diabetes. Jensen beharrt darauf, daß der IQ zu 80 Prozent erblich sei. Der Psychologe Leon J. Kamin von Princeton hat die Mühsal auf sich

genommen, minutiös die Einzelheiten der Zwillingsstudien zu überprüfen, die die Grundlage dieser Schätzung bilden. Er fand eine erstaunliche Anzahl von Widersprüchen und groben Ungenauigkeiten. Sir Cyril Burt zum Beispiel, der die größte Datensammlung über getrennt aufgewachsene eineiige Zwillinge hervorbrachte, setzte seine Untersuchungen über die Intelligenz über vierzig Jahre lang fort. Obwohl er den Umfang seiner Beispielmenge in einer Vielzahl von »verbesserten« Versionen vermehrte, blieben seine Korrelationskoeffizienten mitunter bis auf die dritte Dezimalstelle unverändert – was statistisch einfach unmöglich ist.¹ Zum Teil hängt der IQ vom Geschlecht und vom Alter ab; dafür haben andere Studien keine angemessenen Standards angegeben. Eine unangemessene Korrektur kann höhere Werte zwischen Zwillingen ergeben, nicht weil sie gemeinsame Gene der Intelligenz haben, sondern einfach weil sie gemeinsames Geschlecht und Alter haben. Die Daten sind so schlampig, daß sich überhaupt keine gültige Schätzung für die Erbllichkeit daraus ableiten läßt. Aber nehmen wir (obwohl es keine Daten dafür gibt) um der Argumentation willen an, daß die Erbllichkeit des IQ tatsächlich 0,8 beträgt.

Dritte Ebene: Die Verwirrung zwischen der Variation innerhalb einer Gruppe und zwischen Gruppen. Jensen stellt eine kausale Verknüpfung zwischen zwei Behauptungen her – daß die Erbllichkeit des IQ innerhalb der Gruppe von amerikanischen Weißen 0,8 beträgt, und daß der durchschnittliche Unterschied zwischen dem IQ von amerikanischen Schwarzen und Weißen 15 Punkte ausmacht. Er folgert, das schwarze »Defizit« sei wesentlich genetisch bedingt, weil der IQ in so hohem Maße erblich ist. Dies ist ein Non-sequitur schlimmster Sorte – denn es gibt keinen notwendigen Zusammenhang zwischen der Erbllichkeit innerhalb einer Gruppe und den Unterschieden zwischen den Durchschnittswerten von zwei verschiedenen Gruppen.

Ein einfaches Beispiel genügt, um die defekte Stelle in Jensens Argumentation zu zeigen. Die Körpergröße hat innerhalb einer Gruppe eine wesentlich höhere Erbllichkeit, als sie jemals jemand für den IQ angenommen hat. Nun kann man einmal annehmen, der Durchschnittswert der Größe betrage innerhalb einer Gruppe von unterernährten indianischen Bauern 157 cm und habe eine Erbllichkeit

¹ Ich habe diesen Essay 1974 geschrieben. Inzwischen hat sich der Vorwurf gegen Sir Cyril von der Vermutung der Sorglosigkeit zum spektakulären (und wohl begründeten) Verdacht des Betrugs entwickelt. So haben zum Beispiel Reporter der Londoner *Times* entdeckt, daß Sir Cyrils Ko-Autoren (bei den berühmten Zwillingsstudien) offenbar außerhalb seiner Einbildung nicht existierten. Im Licht von Kamins Entdeckungen steht zu befürchten, daß die Daten einen ähnlichen Realitätsgehalt haben.

von 0,9 (ein realistischer Wert). Die hohe Erblichkeit bedeutet einfach, daß kleine Bauern meist kleine Nachkommen haben werden und große Bauern große Kinder. Sie sagt nichts gegen die Möglichkeit, daß eine angemessene Ernährung die Durchschnittsgröße auf 183 cm erhöhen könnte (größer als durchschnittliche weiße Amerikaner). Sie bedeutet nur, daß in dieser verbesserten Lage unterdurchschnittlich kleine Bauern (die jetzt vielleicht 164 cm groß sein) immer noch Nachkommen haben werden, die kleiner als der Durchschnitt sind.

Ich behaupte nicht, daß die Intelligenz, wie immer man sie definieren mag, keinerlei genetische Basis habe – die Tatsache, daß dies zutrifft, betrachte ich als eine triviale, uninteressante und irrelevante Wahrheit. Der Ausdruck eines jeden Charakterzuges stellt eine komplexe Interaktion zwischen Vererbung und Umwelt dar. Unsere Aufgabe besteht einfach darin, die beste Umwelt für die Verwirklichung des Potentials zu schaffen, daß in allen Individuen vorhanden ist. Ich möchte nur darauf hinweisen, daß eine spezifische Argumentation, die zu beweisen vermeint, es gebe einen durchschnittlichen genetischen Intelligenzmangel bei amerikanischen Schwarzen, auf keinerlei neuen Fakten beruht und keine gültigen Daten zu ihrer Begründung anführen kann. Es ist genauso wahrscheinlich, daß Schwarze gegenüber den Weißen genetisch im Vorteil sind. Und in beiden Fällen ist es verdammt wurscht. Kein Individuum kann nach seinem Gruppendurchschnitt beurteilt werden.

Wenn der derzeitige biologische Determinismus bei der Untersuchung der menschlichen Intelligenz auf keinen neuen Fakten (genau genommen auf überhaupt keinen Fakten) beruht, warum ist er dann in der letzten Zeit so populär geworden? Die Antwort muß eine gesellschaftliche und politische sein. Die 60er Jahre waren dem Liberalismus günstig; man gab eine ganze Menge Geld aus, um Programme gegen die Armut durchzuführen, und es geschah relativ wenig. Auftritt neuer Führer und neuer Prioritäten. Warum hatten die früheren Programme keinen Erfolg? Zwei Möglichkeiten stehen offen: 1. Wir haben nicht genug Geld ausgegeben, wir haben nicht genügend schöpferische Phantasie investiert, oder (und das macht jeden etablierten Führer ziemlich nervös) wir können diese Probleme nicht ohne eine grundlegende gesellschaftliche und ökonomische Veränderung der Gesellschaft lösen. Oder 2. scheiterten die Programme, weil die von ihnen Begünstigten unveränderbar sind – man beschuldige die Opfer. Welche Alternative wird von denen, die in Zeiten der Einsparungen an der Macht sind, wohl gewählt werden?

Ich hoffe gezeigt zu haben, daß der biologische Determinismus nicht bloß ein amüsanter Gesprächsstoff für Cocktailparties ist, für geistreiche Bemerkungen über das menschliche Tier. Er ist vielmehr ein Allgemeinbegriff mit wichtigen philosophischen Implikationen und wesentlichen politischen Konsequenzen. Wie John Stuart Mill in einer Äußerung, die zum Motto der Opposition werden müßte, schrieb: »Unter allen vulgären Methoden, der Erwägung der Wirkungen von gesellschaftlichen und moralischen Einflüssen auf das menschliche Gemüt zu entfliehen, besteht die vulgärste darin, die Unterschiede von Benehmen und Charakter auf inhärente natürliche Unterschiede zurückzuführen.«

TEIL B SOZIOBIOLOGIE

32 *Biologische Potentialität contra biologischer Determinismus*

Im Jahre 1758 stand Linné vor der schweren Entscheidung, wie er seine eigene Spezies in der endgültigen Fassung seines *Systema Naturae* klassifizieren solle. Sollte er den *Homo sapiens* einfach unter die anderen Tiere einreihen oder für uns einen besonderen Status schaffen? Linné machte einen Kompromiß. Er stellte uns in seine Klassifikation hinein (in der Nähe von Affen und Fledermäusen), wies uns jedoch durch die Beschreibung eine Sonderstellung zu. Unsere Verwandten definierte er durch so weltliche Unterscheidungsmerkmale wie Größe, Gestalt, Anzahl der Finger und Zehen. Zum *Homo sapiens* schrieb er nur die sokratische Anweisung: *nosce te ipsum* – erkenne dich selbst.

Für Linné war *Homo sapiens* zugleich etwas Besonderes und nichts Besonderes. Leider ist diese außerordentlich vernünftige Entscheidung von den meisten späteren Kommentatoren polarisiert und schauerlich verdreht worden. Besonders und nicht besonders wurden zu nichtbiologisch und biologisch, zu Umwelt und Natur. Diese späteren Polarisierungen sind unsinnig. Menschen sind Tiere, und alles, was wir tun, liegt in unserem biologischen Potential. Nichts erregt mich als leidenschaftlichen (wenngleich im Augenblick verschleppten) New Yorker zu größerem Zorn als die Behauptungen einiger selbsternannter »Öko-Aktivist«, große Städte seien »unnatürliche« Vorboten unserer drohenden Zerstörung. Aber – und hier kommt das größte »Aber«, das ich aufbringen kann –, die Behauptung, Menschen seien Tiere, impliziert nicht, daß unsere besonderen

Verhaltensmuster und gesellschaftlichen Regelungen direkt von unseren Genen determiniert seien.

Durch die ausführliche Diskussion um das Buch *Sociobiology* von E. O. Wilson (Harvard 1975) sehe ich mich veranlaßt, das Thema aufzugreifen. Wilsons Arbeit wurde von einem Chor des Lobes und der Publizität begrüßt. Ich selbst gehöre zu der kleineren Gruppe seiner Verleumder. Dem größten Teil der *Sociobiology* zolle ich ebenso hohes Lob, wie es dem Buch allgemein zugesprochen wird. Noch für Jahre wird es als luzide Darstellung evolutionärer Prinzipien, als unermüdlich sorgfältige Diskussion des Sozialverhaltens unter allen Tiergruppen ein Standardwerk sein. Aber Wilsons Schlußkapitel, »From Sociobiology to Sociology« macht mich doch sehr unglücklich. Nach sechszwanzig sorgsam belegten Kapiteln über die nichtmenschlichen Tiere schließt Wilson mit einer ausschweifenden Spekulation über die genetische Grundlage von vorgeblich universalen Strukturen im menschlichen Verhalten. Da dies Kapitel seine Ansicht zu jenem Thema enthält, das uns allen am nächsten am Herzen liegt, hat es leider auch achtzig Prozent der popularisierenden Kommentare auf sich gezogen.

Wir, die wir das letzte Kapitel kritisierten, mußten uns den Vorwurf gefallen lassen, wir wollten die Relevanz der Biologie für das menschliche Verhalten leugnen, wir wollten den alten Aberglauben wiederbeleben, nachdem der Mensch außerhalb der übrigen »Schöpfung« steht. Sind wir Verfechter einer Theorie, die allein die Umwelteinflüsse gelten läßt? Erlauben wir es einer politischen Vision der menschlichen Perfektibilität, uns gegenüber den offenkundigen Zwängen unserer biologischen Natur blind zu machen? Die Antwort auf beide Fragen ist nein. Die Alternative ist nicht universale Biologie contra menschliche Einzigartigkeit, sondern biologische Potentialität contra biologischer Determinismus.

Als Antwort auf eine Kritik im *New York Times Magazine* (12. Oktober 1975) schrieb Wilson:

Zweifellos stehen die Strukturen des menschlichen Sozialverhaltens, einschließlich des altruistischen Verhaltens, unter genetischer Kontrolle, und zwar in dem Sinne, daß sie ein begrenztes Unter-Ensemble von möglichen Strukturen darstellen, die sich stark von den Strukturen der Termiten, der Schimpansen und anderer Arten darstellen.

Wenn das alles ist, was Wilson unter genetischer Kontrolle versteht, dürfte es kaum Meinungsverschiedenheiten zwischen uns geben. Sicherlich tun wir nicht alles, was andere Tiere tun, und ebenso gewiß

wird die Reichweite unseres potentiellen Verhaltens durch unsere Biologie begrenzt. Unser gesellschaftliches Leben sähe anders aus, wenn wir zur Photosynthese fähig wären (keine Landwirtschaft, kein Sammeln und Jagen – die wichtigsten Determinanten unserer gesellschaftlichen Evolution), oder wenn unsere Lebenszyklen denen der in Essay 10 beschriebenen Gallmücke ähneln würde. (Wenn diese Insekten auf einem neuen Champignon leben, pflanzen sie sich im Stadium der Larve oder Puppe fort. Die Jungen wachsen im Innern des mütterlichen Körpers, fressen ihn von innen her auf und verlassen dessen entleerte äußere Hülle, um zu fressen, die nächste Generation hervorzubringen und sich selbst zu opfern.)

Aber Wilson stellt doch stärkere Behauptungen auf. Sein Kapitel 27 ist keine Erörterung der Reichweite von potentiell menschlichem Verhalten oder auch nur eine Argumentation über die Begrenzung dieser Reichweite innerhalb des weit größeren Bereichs, über den alle Tiere zusammen verfügen. Es besteht vielmehr im wesentlichen aus einer ausgedehnten Spekulation über die Existenz von Genen für spezifische und variable Züge im menschlichen Verhalten – darunter Verachtung, Aggression, Xenophobie, Konformismus, Homosexualität, sowie die charakteristischen Verhaltensunterschiede zwischen Männern und Frauen in der westlichen Gesellschaft. Natürlich leugnet Wilson die Rolle des nichtgenetischen Lernens für das menschliche Verhalten nicht; er sagt sogar an einer Stelle, daß »die Gene den größten Teil ihrer Souveränität abgegeben haben«. Aber sofort fügt er hinzu, daß die Gene »ein gewisses Maß an Einfluß behalten, zumindest in den Verhaltensqualitäten, die der Variation zwischen den Kulturen zugrundeliegen«. Und der nächste Absatz fordert eine »Disziplin der anthropologischen Genetik«.

Der biologische Determinismus ist in Wilsons Diskussion des menschlichen Verhaltens das primäre Thema; in keinem anderen Kontext ergibt sein Kapitel 27 einen Sinn. Wenn ich Wilson recht verstehe, so will er in erster Linie die Vermutung nahelegen, die Darwinsche Theorie könne die Humanwissenschaften ebenso umformulieren, wie sie zuvor schon so viele biologische Disziplinen verändert hat. Aber Darwinsche Prozesse können nur ablaufen, wenn Gene zur Selektion zur Verfügung stehen. Wenn die »interessanten« Eigenschaften des menschlichen Verhaltens nicht unter einer besonderen genetischen Kontrolle stehen, braucht die Soziologie ihr Eingreifen nicht zu fürchten. Mit »interessant« meine ich jene Themen, über die sich Soziologen und Anthropologen am häufigsten streiten – Aggression, soziale Schichtung und Verhaltensunterschiede zwischen Männern

und Frauen. Wenn die Gene nur regeln, daß wir groß genug sind, um in einer Welt der Schwerkraft zu leben, unseren Körper durch Schlaf ausruhen und nicht zur Photosynthese fähig sind, wäre das Gebiet des genetischen Determinismus ziemlich langweilig.

Gibt es einen direkten Beweis für eine genetische Kontrolle des spezifisch menschlichen Sozialverhaltens? Bisher nicht den geringsten. (Es wäre theoretisch nicht unmöglich, solche Beweise durch standardisierte, kontrollierte Experimente mit der Aufzucht zu gewinnen, aber schließlich können wir Menschen doch nicht in Drosophila-Flaschen aufziehen, reine Abstammungslinien herstellen und die Umwelt einer invarianten Erziehung schaffen.) Daher müssen die Soziobiologen indirekte Argumentationen vorbringen, die in der Plausibilität begründet sind. Wilson benutzt hauptsächlich drei Strategien: Universalität, Kontinuität und Adaptivität.

1. Universalität: Wenn sich bestimmte Verhaltensweisen ausnahmslos bei unseren nächsten Verwandten unter den Primaten sowie unter den Menschen selbst finden, läßt sich das als Fall einer gemeinsamen, ererbten genetischen Kontrolle betrachten. Das Kapitel 27 ist voll von Behauptungen über angebliche menschliche Universalien. Zum Beispiel: »Menschen lassen sich unglaublich leicht indoktrinieren – sie verlangen geradezu danach.« Oder: »Menschen wollen lieber glauben als wissen.« Ich kann dazu nur sagen, daß meine eigene Erfahrung mit der von Wilson nicht übereinstimmt.

Wenn Wilson eine Diversität nicht leugnen kann, schiebt er die unbequemen »Ausnahmen« oft als zeitgebundene und unwichtige Verirrungen beiseite. Da Wilson davon überzeugt ist, unser genetisches Schicksal sei durch häufige, oft völkermörderische Kriegführung bestimmt, muß ihn die Existenz nichtaggressiver Völker verwirren. Aber er schreibt: »Es ist zu erwarten, daß einige isolierte Zivilisationen dem Prozeß einige Generationen lang entgehen können und sich tatsächlich eine Zeitlang in das verwandeln, was Ethnographen als einen friedlichen Staat bezeichnen.«

Aber selbst wenn wir eine Liste von Verhaltenszügen aufstellen könnten, die Menschen mit ihren nächsten Verwandten unter den Primaten gemeinsam haben, beweist dies noch keine gemeinsame genetische Kontrolle. Gleiche Ergebnisse müssen keineswegs gleiche Ursachen haben; dies Problem ist den Evolutionstheoretikern so deutlich bewußt, daß sie eine besondere Terminologie entwickelt haben, um es auszudrücken. Gleiche Züge, die sich einer gemeinsamen genetischen Abkunft verdanken, sind »homolog«; Gleichheiten, die aus der gleichen Funktion entstehen, aber eine unterschiedli-

che evolutionäre Geschichte haben, heißen »analog« (die Flügel von Insekten und Vögeln zum Beispiel – die gemeinsamen Ahnen beider Gruppen hatten keine Flügel). Ich werde weiter unten die These begründen, daß ein grundlegendes Merkmal der menschlichen Biologie den Gedanken rechtfertigt, viele Verhaltensähnlichkeiten zwischen Menschen und anderen Primaten seien analog und hätten dabei bei den Menschen keine direkte genetische Spezifizierung.

2. Kontinuität: Wilson meint, meiner Ansicht nach mit vollem Recht, daß die darwinistische Erklärung des Altruismus durch die von W. D. Hamilton 1964 aufgestellte Theorie der »Verwandtschaftsselektion« die Grundlage für eine Evolutionstheorie der Tiergesellschaften bildet. Altruistische Handlungen sind das Bindemittel stabiler Gesellschaften, aber sie scheinen sich einer darwinistischen Erklärung zu entziehen. Nach Darwinschen Prinzipien werden alle Individuen ausgelesen, um ihren eigenen genetischen Beitrag zu künftigen Generationen zu maximieren. Wie können sie dann also mit der Durchführung altruistischer Handlungen sich selbst opfern oder gefährden?

Die Lösung liegt in einer bezaubernd einfachen Konzeption, die freilich in den technischen Einzelheiten sehr komplex ist. Durch Begünstigung von Verwandten bewahren altruistische Handlungen die Gene des Altruisten, auch wenn er selbst nicht derjenige ist, der sie erhält. So hat zum Beispiel bei den meisten Organismen, die sich geschlechtlich fortpflanzen, ein Individuum (im Durchschnitt) die Hälfte der Gene mit einem Geschwister gemeinsam, ein Achtel mit einem Cousin ersten Grades. Vor der Wahl also, entweder sich selbst allein zu retten oder aber sich selbst zu opfern, um mehr als zwei Geschwister oder mehr als acht Cousins ersten Grades zu retten, begünstigt eine darwinistische Rechnung das altruistische Opfer; denn dadurch vermehrt der Altruist tatsächlich seine eigene genetische Repräsentation in zukünftigen Generationen.

Die natürliche Auslese wird also die Erhaltung solcher altruistischer Gene, die sich selbst nützen, fördern. Wie aber steht es mit altruistischen Akten gegenüber nichtverwandten Individuen? Hier müssen sich die Soziobiologen auf die verwandte Konzeption des »reziproken Altruismus« stützen, um an einer genetischen Erklärung festzuhalten. Der altruistische Akt bringt eine unmittelbare Gefahr und keinen unmittelbaren Nutzen mit sich, aber wenn er für die Zukunft eine reziproke Handlung des gegenwärtig Begünstigten anregt, kann er sich auf die Länge gesehen auszahlen: eine genetische Verkörperung des uralten Spruches »eine Hand wäscht die andere« (selbst wenn sie nicht verwandt sind).

Daraus geht das Argument der Kontinuität hervor. Altruistische Handlungen in anderen Tiergesellschaften lassen sich plausibel als Beispiele der Darwinschen Verwandtschaftsselektion erklären. Menschen führen altruistische Handlungen aus, die wahrscheinlich die gleiche, direkt genetische Grundlage haben. Aber wiederum impliziert die Ähnlichkeit der Ergebnisse nicht notwendig die Identität der Ursache (weiter unten werde ich eine alternative Erklärung geben, die auf biologischer Potentialität und nicht auf biologischem Determinismus beruht).

3. Adaptivität: Anpassung ist das untrügliche Zeichen Darwinscher Prozesse. Die natürliche Auslese arbeitet ununterbrochen und unermüdlich daran, die Organismen ihren Umwelten anzupassen. So werden unvorteilhafte Sozialstrukturen ebenso wenig überleben wie ungünstige morphologische Strukturen.

Zweifellos sind die sozialen Praktiken der Menschen adaptiv. Marvin Harris hat auf vergnügliche Weise die Logik und Sensibilität solcher Sozialpraktiken in anderen Kulturen gezeigt, die selbstzufriedenen Abendländern äußerst bizarr vorkommen (*Cows, Pigs, Wars, and Witches*, 1974). Das menschliche Sozialverhalten weist Altruismus auf; es ist ferner offensichtlich adaptiv. Ist das nicht auf den ersten Blick ein gutes Argument für eine direkte genetische Kontrolle? Meine Antwort ist ein entschiedenes Nein, und ich möchte das begründen, indem ich von einer Diskussion berichte, die ich kürzlich mit einem hervorragenden Anthropologen hatte.

Mein Kollege beharrte darauf, die klassische Geschichte von den Eskimos auf dem Treibeis sei ein adäquater Beweis für die Existenz von spezifisch altruistischen Genen, welche durch Verwandtschaftsselektion erhalten werden. Offenbar sind die gesellschaftlichen Einheiten der Eskimos nach Familiengruppen organisiert. Wenn die Nahrungsquellen dahinschmelzen und die Familie, um zu überleben, weiterziehen muß, bleiben betagte Großeltern freiwillig zurück (um zu sterben), statt das Überleben der ganzen Familie durch die Verlangsamung einer gefährlichen Wanderung zu gefährden. Familiengruppen ohne altruistische Gene sind der natürlichen Auslese zum Opfer gefallen, wenn Wanderungen, die von Alten und Kranken behindert wurden, zum Tod ganzer Familien führten. Großeltern mit altruistischen Genen vermehren ihre eigene Tüchtigkeit durch ihr Opfer, denn sie befördern das Überleben naher Verwandter, mit denen sie Gene gemeinsam haben.

Sicherlich ist die Erklärung meines Kollegen plausibel, kaum aber endgültig, da auch eine überaus einfache, nichtgenetische Erklärung

möglich ist: Es gibt überhaupt keine altruistischen Gene, also auch keine wesentlichen genetischen Unterschiede zwischen Eskimofamilien. Das Opfer der Großeltern ist ein adaptiver, nicht genetischer, sondern kultureller Zug. Familien ohne Opfertradition überleben nur wenige Generationen. In anderen Familien wird das Opfer in Lied und Erzählung gefeiert; betagte Großeltern, die zurückbleiben, werden zu den größten Helden des Clans. Die Kinder werden von den frühesten Erinnerungen an mit dem Ruhm und der Ehre eines solchen Opfers sozialisiert.

Ich kann mein Drehbuch nicht beweisen, aber mein Kollege das seine ebenso wenig. In der augenblicklichen Situation sind beide zumindest gleichermaßen plausibel. Und ebenso gibt es zweifellos einen reziproken Altruismus in menschlichen Gesellschaften, aber das ist noch kein Beweis für seine genetische Basis. Wie Benjamin Franklin sagte: »Wir müssen alle zusammenhängen, sonst werden wir gewißlich einzeln hängen.« Funktionsfähige Gesellschaften mögen einen reziproken Altruismus erfordern. Aber solche Handlungen müssen nicht genetisch in unserem Bewußtsein kodiert sein; sie können ebenso gut durch Lernen eingeprägt sein.

Damit kehre ich also zu Linnés Kompromiß zurück – wir sind sowohl gewöhnlich als auch besonders. Das zentrale Merkmal unserer biologischen Besonderheit gibt auch den wesentlichen Grund ab, zu bezweifeln, daß unsere Verhaltensweisen durch spezifische Gene kodiert seien. Jenes Merkmal ist natürlich unser großes Gehirn. Die Größe selbst ist eine hauptsächliche Determinante der Funktion und Struktur eines jeden Gegenstandes. Das Große und das Kleine können nicht auf die gleiche Weise operieren (vgl. Teil VI). Das Studium der Veränderungen, die sich mit wachsender Größe einstellen, nennt man Allometrie. Am bekanntesten sind die strukturellen Veränderungen, die die Abnahme der relativen Oberfläche bei wachsendem Volumen ausgleichen – relativ dicke Beine und gekrümmte, eingebuchtete innere Oberflächen (zum Beispiel die Lungen und die Villi der Eingeweide). Aber das bemerkenswert vergrößerte Gehirn dürfte in der menschlichen Evolution die am tiefsten wirkenden allometrischen Folgen gehabt haben – denn dadurch entstanden hinreichend viele Nervenverknüpfungen, um ein ziemlich starres und streng programmiertes Hilfsmittel in ein labiles Organ zu verwandeln, das mittels Logik und Gedächtnis zum nichtprogrammierten Lernen, zur direkten Spezifizierung als Grundlage des Sozialverhaltens übergehen kann. Es ist gut möglich, daß die Flexibilität die wichtigste Determinante des menschlichen Bewußtseins ist (vgl. Essay 7); viel-

leicht ist die direkte Programmierung des Verhaltens seitdem inadaptiv geworden.

Warum müssen wir uns vorstellen, es gebe spezifische Gene für Aggression, Verachtung oder Dominanz, wenn wir doch wissen, daß es die enorme Flexibilität unseres Gehirns möglich macht, aggressiv oder friedlich, verachtungsvoll oder großzügig, dominierend oder unterwürfig zu sein? Gewalt, Sexismus und allgemeine Abscheulichkeit *sind* biologisch, weil sie einen Anteil aus der möglichen Reichweite von Verhaltensweisen ausmachen. Aber Friedlichkeit, Gleichheit und Freundlichkeit sind ebenso biologisch – und wir würden wohl sehen, daß ihr Einfluß wächst, wenn es uns gelingt, Sozialstrukturen zu schaffen, die ihrem Gedeihen förderlich sind. Insofern beschwört meine Kritik an Wilson keineswegs eine nichtbiologische Verabsolutierung der »Umwelt«; sie spielt nur die Konzeption der biologischen Potentialität gegen ihn aus: ein Gehirn, das zur vollen Reichweite menschlichen Verhaltens fähig und zu keinem streng vorbestimmt ist, gegen die Vorstellung des biologischen Determinismus: spezifische Gene für spezifische Verhaltensweisen.

Aber warum ist diese akademische Frage so delikat und so explosiv? Es gibt keinen strengen Beweis für eine der beiden Positionen, und worin liegt schließlich der Unterschied, wenn wir uns konformistisch verhalten, weil konformistische Gene ausgewählt wurden, oder weil unsere allgemeine genetische Ausstattung unter vielen anderen auch eine konformistische Strategie ermöglicht?

Die ausgedehnte und intensive Debatte über den biologischen Determinismus ist als eine Funktion von dessen sozialer und politischer Aussage entstanden. Wie ich in der vorigen Gruppe von Essays zu zeigen versuchte, wurde der biologische Determinismus stets dazu benutzt, vorhandene gesellschaftliche Regelungen als biologisch unvermeidlich zu verteidigen – vom »denn die Armen habt ihr allezeit« über den Imperialismus des 19. Jahrhunderts bis zum gegenwärtigen Sexismus. Warum sonst sollte wohl ein Gedankengebäude, dem es so sehr an tatsächlicher Untermauerung fehlt, durch die Jahrhunderte hindurch in den etablierten Medien eine so gute Presse haben? Diese Anwendung liegt gänzlich außerhalb der Kontrolle der einzelnen Wissenschaftler, die aus einer ganzen Reihe von Gründen, oft gutwilligen, deterministische Theorien vertreten.

Weder in Wilsons Fall noch in irgendeinem anderen möchte ich ein bestimmtes Motiv unterstellen. Und ich lehne den Determinismus auch nicht ab, weil ich seine politische Anwendung mißbillige. Wissenschaftliche Wahrheit, wie wir sie verstehen, muß unser erstrangi-

ges Kriterium sein. Wir leben mit einigen unerfreulichen biologischen Wahrheiten, worunter der Tod die unbestreitbarste und unvermeidlichste ist. Wenn der genetische Determinismus sich als wahr erweist, werden wir auch mit ihm zu leben lernen. Aber ich wiederhole meine Behauptungen, daß es bisher keinen Beweis dafür gibt, daß die größeren Versionen der vergangenen Jahrhunderte endgültig widerlegt sind, und daß seine anhaltende Beliebtheit eine Funktion des gesellschaftlichen Vorurteils bei jenen ist, die den größten Nutzen aus dem herrschenden Zustand ziehen.

Aber wir wollen *Sociobiology* gar nicht mit den Sünden früherer Deterministen belasten. Worin bestanden die direkten Ergebnisse der ersten Begeisterung für das Buch? Bestenfalls sehen wir die Anfänge einer neuen Art von Sozialforschung, die mit ihrer Weigerung, unmittelbare nichtgenetische Faktoren zu berücksichtigen, allenfalls Absurdität verspricht. Die Ausgabe von *Science* (Amerikas führende Fachzeitschrift für Naturwissenschaftler) vom 30. Januar 1976 enthält einen Artikel über das Betteln, den ich als gute Satire akzeptiert hätte, wenn er Wort für Wort im *National Lampoon* erschienen wäre. Die Autoren schickten »Bettler« los, um verschiedenen »Zielpersonen« um Groschen zu bitten. Die Ergebnisse werden allein in Begriffen der Verwandtschaftsselektion, des reziproken Altruismus und der Bräuche bei der Aufteilung der Nahrung unter Pavianen und Schimpansen diskutiert – kein Wort von den gegenwärtigen urbanen Realitäten in Amerika. Eines der wichtigsten Ergebnisse besteht darin, daß männliche Bettler »weit erfolgreicher sind, wenn sie sich einer weiblichen Person oder einem Paar von weiblichen Personen nähern, als wenn sie einer weiblichen und einer männlichen Person gemeinsam begegnen; sie sind besonders erfolglos, wenn sie sich an eine männliche Person oder zwei männliche Personen zusammen wenden«. Aber kein Wort über die Angst in der Stadt oder die Politik der Geschlechter – nur einige Feststellungen über Schimpansen und die Genetik des Altruismus (obwohl sie letztendlich zugeben, daß der reziproke Altruismus möglicherweise nicht ins Spiel kommt – welchen zukünftigen Vorteil, meinen sie, kann man sich schließlich von einem Bettler erhoffen?). In dem ersten negativen Kommentar über *Sociobiology* ermahnte der Ökonom Paul Samuelson (*Newsweek*, 7. Juli 1975) die Soziobiologen, in den Gebieten von Rasse und Geschlecht möglichst leise aufzutreten. Leider ist nicht absehbar, daß sie seinem Ratschlag folgen würden. Wilson schreibt in seinem Artikel im *New York Times Magazine* vom 12. Oktober 1975:

In den Gesellschaften der Jäger und Sammler jagen die Männer,

und die Frauen bleiben zu Hause. Diese starke Tendenz erhält sich in den *meisten* (Hervorh. von mir – S. J. G.) landwirtschaftlichen und industriellen Gesellschaften und scheint schon aus diesem Grund einen genetischen Ursprung zu haben . . . Ich selbst glaube, daß die genetische Tendenz stark genug ist, um auch noch in der freiesten und egalitärsten zukünftigen Gesellschaft eine substantielle Arbeitsteilung zu verursachen . . . Selbst bei identischer Erziehung und gleichem Zugang zu allen Berufen werden die Männer wahrscheinlich weiterhin eine überproportionale Rolle in politischem Leben, Geschäft und Wissenschaft spielen.

Wir sind den andern Tieren gleich und auch anders als sie. In verschiedenen kulturellen Kontexten spielt die Hervorhebung der einen oder der anderen Seite dieser grundlegenden Wahrheit eine nützliche soziale Rolle. In Darwins Tagen brach die Behauptung unserer Gleichheit mit Jahrhunderten von gefährlichem Aberglauben. Jetzt müssen wir wohl unsere Andersartigkeit als flexible Tiere mit einem weiten Spielraum potentieller Verhaltensweisen unterstreichen. Unsere biologische Natur steht einer Gesellschaftsreform keineswegs entgegen. Wir sind, wie Simone de Beauvoir sagte, »l'être dont l'être est de n'être pas« – das Sein, dessen Sein es ist, nicht zu sein.

33 *Ein Tier, so klug und freundlich*

Im *Unbehagen in der Kultur* untersuchte Sigmund Freud das schreckenerregende Dilemma des menschlichen Soziallebens. Von Natur aus sind wir selbstsüchtig und aggressiv, aber jede erfolgreiche Zivilisation erfordert, daß wir unsere biologischen Neigungen unterdrücken und altruistisch zum Wohl des Ganzen handeln. Freud meinte weiterhin, daß die Zivilisation, je komplexer und »moderner« sie wird, uns zwingt, auf immer mehr Anteile unseres angeborenen Selbst zu verzichten. Das tun wir nur unvollkommen, mit Schuldgefühlen, Schmerzen und Mühsal; der Preis für die Kultur ist individuelles Leiden.

Es ist unmöglich zu übersehen, in welchem Ausmaß die Kultur auf Triebverzicht aufgebaut ist, wie sehr sie gerade die Nichtbefriedigung . . . von mächtigen Trieben zur Voraussetzung hat. Diese »Kulturversagung« beherrscht das große Gebiet der sozialen Beziehungen des Menschen.

Freuds Argumentation ist eine besonders kraftvolle Variation zum

allgegenwärtigen Thema einer Spekulation über die »menschliche Natur«. Was wir an uns selbst kritisieren, schreiben wir unserer animalischen Vergangenheit zu. Das sind dann die Fesseln unserer äffischen Vergangenheit, Brutalität, Aggression, Selbstsucht, überhaupt jede Gemeinheit. Was wir preisen und anstreben (oft mit kläglich begrenztem Erfolg), betrachten wir als einzigartigen Überbau, von unserer Vernunft entworfen und einem unwilligen Körper aufgezwungen. Unsere Hoffnungen für die Zukunft gründen sich auf Vernunft und Freundlichkeit – die mentale Überschreitung unserer biologischen Begrenzung. »Baue dir schönere Häuser, du meine Seele.«

Diese allgemein verbreitete Vorstellung wird von kaum etwas anderem als einem uralten Vorurteil gestützt. Sie wird durch die Wissenschaft keineswegs gerechtfertigt – so tief ist unser Unwissen über die Biologie des menschlichen Verhaltens. Jene Annahme entstammt vielmehr der Theologie der menschlichen Seele und dem »Dualismus« von Philosophen, die die Bereiche von Geist und Seele zu trennen suchten. Sie ist in einer Haltung verwurzelt, die ich in einigen dieser Essays angegriffen habe: in unserem Wunsch, die Geschichte des Lebens als einen Fortschritt zu betrachten und uns selbst an dessen Spitze zu stellen (mit allen Vorteilen des Herrschers). Wir suchen nach einem Kriterium für unsere Einzigartigkeit, verfallen (natürlich) auf unser Denken und definieren die edlen Ergebnisse des menschlichen Bewußtseins als etwas zutiefst der Biologie Fremdes. Aber warum? Warum sollte gerade unsere Gemeinheit das Gepäck der äffischen Vergangenheit sein und unsere Freundlichkeit einzigartig menschlich? Warum sollten wir nicht auch bei unseren »edlen« Zügen nach einer Kontinuität mit anderen Tieren suchen?

Ein nörglerisches wissenschaftliches Argument scheint das alte Vorurteil zu bestätigen. Das wesentliche Ingrediens unserer Freundlichkeit ist Altruismus – das Opfer unserer eigenen Annehmlichkeit, in extremen Fällen sogar unseres Lebens, zugunsten anderer. Aber wenn wir den darwinistischen Mechanismus der Evolution akzeptieren, wie kann Altruismus dann Teil der Biologie sein? Die natürliche Auslese diktiert, daß jeder Organismus in seinem eigenen Interesse handelt. Er weiß nichts von so abstrakten Begriffen wie dem »Wohl der Art«. Er »kämpft« unablässig, um die Repräsentation seiner Gene auf Kosten der seiner Konkurrenten zu vermehren. Und das ist alles, so dürftig es auch klingt; ein höheres Prinzip haben wir in der Natur nicht entdeckt. Der individuelle Vorteil, sagt Darwin, ist das einzige Erfolgskriterium in der Natur. Die Harmonie des Lebens reicht nicht

tiefer. Das Gleichgewicht in der Natur entsteht aus den Interaktionen konkurrierender Gruppen, von denen jede alles für sich haben will, nicht aus einer Kooperative, die die begrenzten Ressourcen brüderlich teilt.

Wie konnte dann aber je etwas anderes als Selbstsucht sich als biologischer Zug des Verhaltens entwickeln? Wenn Altruismus das Bindemittel stabiler Gesellschaften ist, müßte also die menschliche Gesellschaft grundlegend außerhalb der Natur angesiedelt sein. Es gibt keinen Weg, dies Dilemma zu umgehen. Kann eine scheinbar altruistische Handlung im darwinistischen Sinne »selbstsüchtig« sein? Kann die Aufopferung eines Individuums jemals zur Verewigung seiner eigenen Gene führen? Die Antwort auf diese nur dem Anschein nach widersprüchliche Frage lautet ja. Die Lösung dieses Paradoxons verdanken wir der Theorie der »Verwandtschaftsselektion«, die Anfang der 60er Jahre von dem britischen Biologietheoretiker W. D. Hamilton entwickelt wurde. Als Eckstein einer biologischen Gesellschaftstheorie wurde sie in E. O. Wilsons *Sociobiology* herausgestellt. (Im vorigen Essay habe ich die deterministischen Aspekte von Wilsons Spekulationen über das menschliche Verhalten kritisiert. Zugleich habe ich seiner allgemeinen Theorie des Altruismus zugestimmt. Dieses Thema setze ich jetzt fort.)

Zum Vermächtnis hervorragender Männer gehören unentwickelte Voraussichten. Der englische Biologe J. B. S. Haldane hat vermutlich jeden guten Gedanken antizipiert, auf den die Evolutionstheoretiker dieses Jahrhunderts noch kommen werden. Als Haldane eines Abends in einer Kneipe an einem Gespräch über Altruismus beteiligt war, soll er rasch einige Berechnungen auf der Rückseite eines Briefumschlags gemacht haben, um dann zu verkünden: »Ich werde mein Leben für zwei Brüder oder acht Cousins opfern.« Was kann Haldane mit dieser kryptischen Bemerkung gemeint haben? Die menschlichen Chromosomen sind paarweise vorhanden: Wir erhalten einen Satz aus dem Ei der Mutter, den anderen aus dem Sperma des Vaters. So besitzen wir eine mütterliche und eine väterliche Kopie jedes Gens (das trifft bei Männern nicht für die auf Geschlechtschromosomen befindlichen Gene zu, da das mütterliche X-Chromosom wesentlich länger ist, will sagen, mehr Gene hat als das väterliche Y-Chromosom; die meisten Gene des X-Chromosoms haben keine korrespondierende Kopie auf dem Y-Chromosom). Wenn man nun ein beliebiges menschliches Gen nimmt, wie hoch ist dann die Wahrscheinlichkeit, daß eine Schwester dasselbe Gen hat? Nehmen wir einmal an, es befindet sich auf einem mütterlichen Chromosom

(die Argumentation funktioniert aber genauso gut mit einem väterlichen Chromosom). Jede Eizelle enthält ein Chromosom von jedem Paar – also die Hälfte der mütterlichen Gene. Die Eizelle, aus der meine Schwester entstand, enthielt entweder das gleiche Chromosom, das ich erhalten habe, oder den anderen Bestandteil des Paares. Die Chance, das ich das Gen mit meiner Schwester gemeinsam habe, ist offensichtlich fiftyfifty. Meine Schwester hat die Hälfte der Gene mit mir gemeinsam, und das bedeutet nach darwinistischer Rechnung, daß sie die Hälfte von mir ist.

Nun nehme ich an, ich gehe mit drei Schwestern die Straße entlang. Es nähert sich ein Monstrum mit eindeutig mörderischer Absicht. Meine Schwestern sehen es nicht. Ich habe nur zwei Möglichkeiten: Entweder ich gehe auf das Ungeheuer zu, unter Ausstoßung von Verbalinjurien, wodurch ich mein eigenes Schicksal besiegele, meine Schwestern aber warne, die fliehen und sich verstecken können; oder ich verstecke mich und schaue zu, wie sich das Ungeheuer über meine Schwestern hermacht. Was sollte ich als geübter Spieler des Darwinschen Spieles tun? Die Antwort muß sein: weitergehen und schimpfen – denn dann habe ich nur mich selbst zu verlieren, während meine drei Schwestern mich anderthalbfach repräsentieren. Es ist besser, wenn sie weiterleben und 150 Prozent meiner Gene fortpflanzen. Mein scheinbar altruistischer Akt ist genetisch »selbstsüchtig«, denn er maximiert den Beitrag meiner Gene zur nächsten Generation.

Nach der Theorie der Verwandtschaftsselektion entwickeln Tiere Verhaltensweisen, die sie selbst gefährden oder opfern, nur dann, wenn solche altruistische Handlungen ihr eigenes genetisches Potential mittels begünstigter Verwandter vermehren. Altruismus und Sippengesellschaft müssen Hand in Hand gehen; der Nutzen der Verwandtschaftsselektion mag sogar die Evolution der sozialen Interaktion vorantreiben. Während mein absurdes Beispiel von vier Geschwistern und einem Ungeheuer simplifizierend ist, wird die Lage mit Cousins zwölften Grades ziemlich komplex. Hamiltons Theorie reitet nicht auf Selbstverständlichkeiten herum.

Diese Theorie hat sich als erstaunlich erfolgreich erwiesen, um einige hartnäckige biologische Rätsel in der Evolution des Sozialverhaltens bei den Hymenoptera – Ameisen, Bienen und Wespen – erwiesen. Warum hat sich bei den Hymenoptera mindestens elfmal unabhängig voneinander eine wirkliche Sozialität entwickelt und nur einmal bei anderen Insekten (den Termiten)? Warum sind die sterilen Arbeiterkassen bei den Hymenoptera stets weiblich, aber bei den Termiten sowohl männlich als auch weiblich? Die Antwort scheint in der

Funktion der Verwandtschaftsselektion innerhalb des ungewöhnlichen genetischen Systems der Hymenoptera zu liegen.

Die meisten Tiere, die sich geschlechtlich fortpflanzen, sind diploid, das heißt ihre Zellen enthalten zwei Sätze von Chromosomen, einen, der von der Mutter stammt, und einen vom Vater. Termiten sind wie die meisten Insekten diploid. Die sozialen Hymenoptera andererseits sind haplodiploid. Die Weibchen entwickeln sich aus befruchteten Eiern als normale diploide Individuen mit mütterlichen und väterlichen Sätzen von Chromosomen. Die Männchen hingegen entstehen aus unbefruchteten Eiern und besitzen nur den mütterlichen Chromosomensatz; sie sind haploid (das heißt sie haben nur die Hälfte der normalen Anzahl von Chromosomen).

Bei diploiden Organismen sind die genetischen Verhältnisse zwischen Eltern und Kindern symmetrisch: Die Eltern haben jeweils die Hälfte der Gene mit ihren Kindern gemeinsam, und jedes Geschwister hat (im Durchschnitt) die Hälfte der Gene mit jedem anderen männlichen oder weiblichen Geschwister gemeinsam. Aber bei den haplodiploiden Arten sind die genetischen Verhältnisse asymmetrisch und ermöglichen damit eine ungewöhnliche und mächtige Wirkung der Verwandtschaftsselektion. Die Verhältnisse zwischen der Ameisenkönigin und ihren Töchtern und Söhnen, sowie die Verhältnisse dieser Töchter zu ihren Schwestern und Brüdern sehen folgendermaßen aus:

1. Die Königin ist zur Hälfte mit ihren Söhnen und Töchtern verwandt; jedes Individuum unter ihren Nachkommen hat die Hälfte ihrer Chromosomen und damit die Hälfte ihrer Gene.
2. Schwestern sind mit ihren Brüdern nicht wie bei diploiden Organismen zur Hälfte, sondern nur zu einem Viertel verwandt. Wenn man eins ihrer Gene in Betracht zieht, sind die Chancen $\frac{1}{2}$, daß es ein väterliches Gen ist. In diesem Fall kann sie es nicht mit einem Bruder gemeinsam haben (der keine väterlichen Gene besitzt). Wenn es ein mütterliches Gen ist, ist die Chance $\frac{1}{2}$, daß auch ihr Bruder es besitzt. Das Gesamtverhältnis zu ihrem Bruder ist der Durchschnitt zwischen Null (für die väterlichen Gene) und $\frac{1}{2}$ (für die mütterlichen), also ein Viertel.
3. Eine Schwester ist mit ihren Schwestern zu drei Vierteln verwandt. Wenn man wiederum ein beliebiges Gen in Betracht zieht, so muß sie dieses, falls es ein väterliches ist, mit ihrer Schwester gemeinsam haben (da die Väter nur einen einzigen Satz von Chromosomen haben, den sie allen Töchtern vererben). Wenn es mütterlich ist, ist die Chance wie zuvor $\frac{1}{2}$, daß sie es mit der Schwester gemeinsam hat. Das Gesamtverhältnis zwischen Schwestern ist der Durchschnitt

zwischen Eins (für väterliche Gene) und $\frac{1}{2}$ (für mütterliche), also drei Viertel.

Aus dieser Asymmetrie ergibt sich eine einfache und elegante Erklärung für jenes äußerst altruistische Tierverhalten – die »Bereitschaft« der sterilen Arbeiterinnen, auf ihre eigene Fortpflanzung zu verzichten, um ihrer Mutter bei der Aufzucht weiterer Schwestern zu helfen. Denn solange eine Arbeiterin ihre Energien vorzugsweise in ihre Schwestern investiert, verewigt sie mehr von ihren eigenen Genen, indem sie ihrer Mutter hilft, fruchtbare Schwestern (drei Viertel ihrer Gene) aufzuziehen, als wenn sie eigene fruchtbare Töchter (die Hälfte ihrer Gene) aufziehen würde. Aber ein Männchen hat keine Neigung zu Sterilität und Arbeit. Es wird eher Töchter hervorbringen, die alle seine Gene haben, als den Schwestern zu helfen, mit denen er nur die Hälfte seiner Gene gemeinsam hat. (Ich will natürlich Tieren mit derart rudimentären Gehirnen keinen bewußten Willen zuschreiben. Wenn ich sage »es wird eher dieses tun« meine ich das als Abkürzung für »im Laufe der Evolution hatten Männchen, die sich nicht so verhielten, einen selektiven Nachteil und verschwanden allmählich«.) Meine Kollegen R. L. Triver und H. Hare haben kürzlich in *Science* (23. Januar 1976) von folgender interessanter Entdeckung berichtet: Sie meinen, daß Königinnen und Arbeiterinnen unter den Nachkommen unterschiedliche Verhältnisse zwischen den Geschlechtern bevorzugen müßten. Die Königin bevorzugt ein Verhältnis von 1:1 zwischen Männchen und Weibchen, da sie gleichermaßen (zur Hälfte) mit ihren Söhnen und Töchtern verwandt ist. Aber die Arbeiterinnen ziehen die Nachkommen auf und können ihre Vorlieben durchsetzen, indem sie die Eier der Königin auf selektive Weise betreuen. Arbeiterinnen werden eher fruchtbare Schwestern aufziehen (mit denen sie zu drei Vierteln verwandt sind) als Brüder (mit denen sie nur zu einem Viertel verwandt sind). Aber einige Brüder müssen sie aufziehen, damit ihre Schwestern sich paaren können. So schließen sie einen Kompromiß, indem sie ihre Schwestern im Ausmaß ihrer Verwandtschaft bevorzugen. Da sie ihren Schwestern dreifach näher stehen als ihren Brüdern, sollten sie bei der Aufzucht ihrer Schwestern dreimal so viel Energie aufwenden. Die Arbeiterinnen investieren ihre Energie durch das Füttern; das Ausmaß der Fütterung läßt sich am Gewicht der ausgewachsenen fruchtbaren Nachkommen ermessen. Triver und Hare haben daher das Gewicht aller männlichen und weiblichen fruchtbaren Nachkommen in einem gemeinsamen Nest bei 21 verschiedenen Ameisenarten gemessen. Das durchschnittliche Verhältnis zwischen dem Gewicht – oder zwischen der in das Füttern

investierten Energie – liegt bemerkenswert nah an 1:3. Das ist schon eindrucksvoll genug, aber ausschlaggebend für diese Argumentation sind erst Untersuchungen von sklavenhaltenden Ameisen. Hier sind die Arbeiterinnen eingefangene Mitglieder einer anderen Spezies. Sie haben keine genetische Verwandtschaft mit den Töchtern der ihnen aufgezwungenen Königin, weshalb sie diese nicht gegenüber den Söhnen bevorzugen sollten. Und tatsächlich ist das Verhältnis zwischen dem Gewicht von Männchen und Weibchen 1:1 – obwohl es 1:3 beträgt, wenn die Arbeiterinnen der versklavten Art nicht gefangen sind, sondern für ihre eigene Königin arbeiten.

Die Verwandtschaftsselektion scheint, wenn sie unter den besonderen haplodiploiden genetischen Verhältnissen wirksam ist, die wesentlichen Merkmale des Sozialverhaltens von Ameisen, Bienen und Wespen zu erklären. Aber was kann sie uns nützen? Kann sie uns beim Verständnis des widersprüchlichen Amalgams von Selbstsucht und Altruismus nützen, das unsere eigenen Persönlichkeiten ausmacht? Ich glaube – und das ist rein intuitiv, denn wir haben keine faktischen Beweise dafür –, daß sie möglicherweise Freuds Dilemma im ersten Abschnitt löst. Unsere selbstsüchtigen und aggressiven Triebe mögen sich auf dem Darwinschen Weg des individuellen Vorteils entwickelt haben, aber unsere altruistischen Tendenzen müssen keinen einzigartigen Überbau darstellen, der uns von den Kulturforderungen aufgezwungen wird. Diese Tendenzen können auf demselben Darwinschen Wege mittels der Verwandtschaftsselektion entstanden sein. Eine grundlegende menschliche Freundlichkeit könnte genauso »animalisch« sein wie die grundlegende menschliche Gemeinheit.

Aber hier höre ich auf – ich möchte keine deterministische Spekulation anstellen, die *spezifische* Verhaltensweisen auf den Besitz von spezifischen altruistischen oder opportunistischen Genen zurückführt. Unsere genetische Ausstattung ermöglicht eine gewaltige Reichweite von Verhaltensweisen – von Ebenezer Scrooge vorher bis Ebenezer Scrooge nachher (in Dickens' *Christmas Carol*). Ich glaube nicht, daß der Geizige dank seiner opportunistischen Gene hortet oder der Philanthrop verschenkt, weil die Natur ihn mit mehr als dem normalen Komplement an altruistischen Genen begabt hat. Erziehung, Bildung, Klassenzugehörigkeit, Status und all die Unwägbarkeiten, die wir als »freien Willen« bezeichnen, bestimmen die Eingrenzung von Verhaltensweisen aus dem breiten Spektrum – von extremem Altruismus bis zu extremer Selbstsucht –, das unsere Gene möglich machen.

Als Beispiel für eine deterministische Spekulation, die auf Sippenwahl

und Altruismus basiert, kann E. O. Wilsons Vorschlag für eine genetische Erklärung der Homosexualität dienen (*New York Times Magazine*, 12. Oktober 1975). Da ausschließlich homosexuelle Menschen keine Kinder haben, ist es rätselhaft, wie es in einer Darwinischen Welt zur Auslese eines homosexuellen Gens kommen konnte. Nun kann man aber einmal annehmen, unsere Vorfahren seien in sehr kleinen konkurrierenden Sippenverbänden organisiert gewesen. Einige Gruppen bestanden ausschließlich aus heterosexuellen Mitgliedern. Andere schlossen auch Homosexuelle ein, die bei der Jagd und der Kinderaufzucht als »Helfer« dienten: Sie hatten keine Kinder, trugen aber zum Wohl ihrer genetisch eng verwandten Sippe bei. Wenn die Gruppen mit homosexuellen Helfern im Wettbewerb den ausschließlich heterosexuellen Gruppen überlegen waren, könnten sich mittels der Verwandtschaftsselektion homosexuelle Gene erhalten haben. An dieser Vorstellung ist nichts Unlogisches, aber Tatsachen gibt es zu ihrer Unterstützung nicht. Wir haben noch kein homosexuelles Gen identifiziert, und wir wissen nichts, was mit dieser Hypothese über die soziale Organisation unserer Vorfahren zu tun hätte.

Wilson's Absicht ist löblich; er versucht, die innere Würde eines häufigen und stark abgewerteten Sexualverhaltens zu bekräftigen, indem er behauptet, für manche Leute sei es natürlich – und ursprünglich adaptiv (innerhalb der vorväterlichen sozialen Organisation). Aber die Strategie ist gefährlich, weil der Schuß nach hinten los geht, wenn sich die genetische Spekulation als falsch erweist. Wenn man ein Verhalten durch die These verteidigt, es sei direkt programmiert, muß man aufhören, es zu verteidigen, wenn sich die Spekulation als falsch herausstellt, denn dann wird dies Verhalten unnatürlich und verächtlich. Da ist es doch wohl besser, entschieden an einer philosophischen Haltung gegenüber der menschlichen Freiheit festzuhalten: Was freie Erwachsene in ihrem Privatleben miteinander anstellen, geht allein sie selbst etwas an. Es braucht von einer genetischen Spekulation genauso wenig verteidigt wie verurteilt zu werden.

Obwohl ich mir über die deterministischen Anwendungen der Verwandtschaftsselektion ernsthafte Sorgen mache, begrüße ich doch die Einsicht, die sie für mein Lieblingsthema bringt, die biologische Potentialität. Denn hiermit wird der Bereich der genetischen Potentialität weiter ausgedehnt und schließt nun selbst die Befähigung zur Freundlichkeit ein, die früher allein der menschlichen Kultur zugeschrieben wurde. Sigmund Freud meinte, die Geschichte unserer größten wissenschaftlichen Einsichten habe ironischerweise den be-

ständigen Rückzug unserer Spezies aus dem Zentrum des Kosmos wiedergespiegelt. Vor Kopernikus und Newton meinten wir, wir lebten im Mittelpunkt des Universums. Vor Darwin meinten wir, ein guter Gott habe uns geschaffen. Vor Freud hielten wir uns für rationale Geschöpfe (sicherlich einer der unbescheidensten Ansprüche im Verlauf der Geistesgeschichte). Wenn die Verwandtschaftsselektion eine weitere Stufe auf diesem Rückzug ausmacht, wird sie uns dazu dienen, unser Denken von seinen Herrschaftsansprüchen wegzuschubsen und uns zur respektvolleren Wahrnehmung unserer Gemeinschaft mit anderen Tieren verhelfen.

Quo vadis, Darwinismus? Was sind die Aussichten für dein zweites Jahrhundert? Ich behaupte nicht, Hellseher zu sein, nur die Vergangenheit ein wenig zu kennen. Und ich glaube, daß die Abschätzung der zukünftigen Richtung an die Erkenntnis des Gewesenen geknüpft sein muß – insbesondere an die drei zentralen Bestandteile von Darwins eigener Weltsicht: dem Brennpunkt auf den Individuen als primären Agenten der Evolution, der Bestimmung der natürlichen Auslese als Mechanismus der Anpassung und dem Glauben an das graduelle Wesen des evolutionären Wandels.

Meinte Darwin, die natürliche Zuchtwahl wirke als exklusives Agens des evolutionären Wandels? Glaubte er, daß sämtliche Produkte der Evolution adaptiv seien? Gegen Ende des 19. Jahrhunderts fand in den Kreisen der Biologen eine Debatte darüber statt, wer den Titel »Darwinist« mit Recht trage. August Weismann, ein rigider Selektionist, der anderen Mechanismen fast überhaupt keine Rolle zubilligte, beanspruchte den Ehrenmantel eines wahren Abkömmlings von Darwin. G. J. Romanes, der neben der natürlichen Zuchtwahl auch Lamarck und einer Reihe anderer Aspiranten den gleichen Tribut zollte, verlangte den Titel für sich. Beide und keiner von ihnen hatte recht. Darwins Ansicht war pluralistisch und geschmeidig – die einzig vernünftige Haltung gegenüber einer derart komplexen Welt. Zweifellos schrieb er der natürlichen Zuchtwahl eine überragende Relevanz zu (Weismann), aber er bestritt auch nicht den Einfluß anderer Faktoren (Romanes).

Die Weismann-Romanes-Debatte läuft einmal mehr ab, und die beiden Bewegungen, die in den letzten Jahren am ausführlichsten diskutiert wurden, reihen sich hinter den alten Advokaten ein. Ich vermute, daß Darwins Zwischenposition wiederum siegen wird, wenn die extremen Formulierungen auf beiden Seiten der Vielfalt der Natur weichen. Auf der einen Seite stellen die »Soziobiologen«, wenn sie vom Menschen sprechen, eine Reihe von exquisiten Spekulationen an, die in der Prämisse wurzeln, jedes wesentliche Verhaltensmuster müsse als Produkt der natürlichen Auslese adaptiv sein. Ich habe schon adaptive (und sogar genetische) Argumente für Phänomene gehört wie die Erbllichkeit von Reichtum und Besitz oder die größere Häufigkeit des oralgenitalen Geschlechtsverkehrs in den höheren Klassen.

Mit ihrem unbegrenzten Vertrauen in die universale Anpassung verfechten die Soziobiologen einen absoluten Atomismus – die Reduktion auf eine Ebene, die noch unterhalb des anscheinend unteilbaren Individuums aus Darwins Formulierung liegt. Samuel Butler hat einmal gesagt, das Küken sei nur die Methode des Eis, ein anderes Ei hervorzubringen. Manche Soziobiologen nehmen diesen Aphorismus wörtlich und stellen die These auf, Individuen seien nur die Instrumente, die von den Genen benutzt werden, um weitere gleiche Gene hervorzubringen. Damit werden die Individuen zu zeitlich begrenzten Behältern von »wirklichen« Einheiten der Evolution. In Darwins Welt kämpfen die Individuen, um ihre Art zu erhalten. Hier sind die Gene selbst die Generäle in der Schlacht ums Überleben. In einem so intensiven Kampf siegen nur die Tüchtigsten; jeder Wandel muß adaptiv sein.

Wolfgang Wickler bemerkt: »Es folgt aus der Evolutionstheorie, daß die Gene die Individuen in ihrem eigenen Interesse betreiben.« Ich gebe zu, daß ich in einer solchen Behauptung kaum etwas anderes als metaphorischen Unsinn zu sehen vermag. Die falsche Zuschreibung eines bewußten Zwecks stört mich nicht, das ist eine literarische Konvention, der ich mich selbst schuldig zu machen pflege. Mich verwirrt der abwegige Gedanke, Gene seien diskrete und teilbare Partikel, welche die Züge, die sie den Organismen verleihen, als Waffen ihrer persönlichen Vermehrung benutzen. Ein Individuum läßt sich nicht in unabhängige Stückchen seiner genetischen Kodierung zerlegen.

Diese Informationen haben außerhalb seines Körpers keine Bedeutung, und sie kodieren kein abgegrenztes Teil der Morphologie oder ein spezifisches Verhalten. Morphologie und Verhalten werden nicht rigoros von kämpfenden Genen aufgebaut; sie müssen nicht in allen Fällen adaptiv sein.

Während die Soziobiologen Weismann zu überweismannen versuchen, bekennen sich einige Molekularevolutionisten zu der entgegengesetzten Ansicht, daß ein großer Teil des evolutionären Wandels nicht nur von der Selektion unbeeinflusst ist, sondern in seiner Richtung überhaupt dem Zufall folgt. (In Darwins Formulierung mag das Rohmaterial der Variation zufällig sein, aber der evolutionäre Wandel ist determiniert und wird von der natürlichen Zuchtwahl geleitet). So ist der genetische Code zum Beispiel redundant. Mehr als eine Sequenz von DNA bringt die gleiche Aminosäure hervor. Es fällt tatsächlich schwer, sich vorzustellen, wie der Übergang von einer redundanten Sequenz zur anderen von der natürlichen Auslese

kontrolliert werden kann (da die Selektion in beiden Fällen die gleiche Aminosäure »sehen« wird).

Wenn wir wollen, können wir einen solchen »unsichtbaren« genetischen Wandel als irrelevant betrachten, denn wenn sich die Variation nicht in der Morphologie oder Physiologie eines Organismus ausdrückt, kann die Auslese nicht auf sie einwirken. Und selbst wenn der evolutionäre Wandel sich in diesem Sinne als neutral herausstellen würde (was ich nicht vermute), müßten wir nach einer neuen Metapher für den Darwinschen Einfluß suchen. Wir müßten die natürliche Auslese als Epiphänomen betrachten, welches nur einige wenige genetische Variationen betrifft, die sich in adaptiv bedeutungsvolle Teile von Organismen übersetzen – nur eine Haut an der Oberfläche, die ein gewaltiges Meer an Variabilität verbirgt.

Aber die Herausforderung durch die Molekularevolutionisten ist weit ernsthafter – denn sie haben in den Proteinen (also in sichtbaren genetischen Produkten) mehr Variabilität entdeckt als Modelle, die in der natürlichen Auslese begründet sind, einer Population zubilligen würden. Überdies haben sie eine verblüffend regelmäßige, fast uhrwerksartige Rate des evolutionären Wandels in Proteinen über längere Zeiträume hinweg ermittelt. Wie ist es möglich, daß die Evolution wie eine Uhr funktioniert, wenn sie von einem determinierenden Prozeß wie der natürlichen Auslese gelenkt wird? Denn die Intensität der Selektion verzeichnet die Raten des Umweltwandels, und das Klima tickt nicht wie ein Metronom. Vielleicht sind diese genetischen Veränderungen nicht wahrhaft neutral, zufällig und mit konstanter Rate sich häufend. Die Frage ist noch nicht geklärt; eine Überfülle der Variabilität und uhrwerkartige Raten lassen sich durch einige Ad-hoc-Hypothesen mit der natürlichen Auslese vereinen, die möglicherweise nicht ganz absurd sind. Ich möchte nur darauf hinweisen, daß wir noch keine endgültige Antwort besitzen.

Ich sage einen Triumph des Darwinschen Pluralismus vorher. Die natürliche Auslese wird sich als erheblich relevanter herausstellen, als einige Molekularevolutionisten sich vorstellen, aber sie wird nicht allmächtig sein, wie einige Soziobiologen anzunehmen scheinen. Ich glaube tatsächlich, daß die auf genetischer Variationen basierende natürliche Auslese mit eben den Verhaltensweisen, die augenblicklich zu ihrer Untermauerung angeführt werden, herzlich wenig zu tun hat. Ich hoffe, daß der pluralistische Geist von Darwins eigenem Werk weitere Bereiche des evolutionären Denkens durchdringen wird, wo jetzt noch rigide Dogmen herrschen, die aus unbefragten Vorlieben, alten Gewohnheiten oder gesellschaftlichen Vorurteilen stammen.

Mein eigenes Lieblingsziel ist der Glaube an einen langsamen und stetigen evolutionären Wandel, wie er von den meisten Paläontologen gepredigt (und zugegebenermaßen von Darwins eigenen Tendenzen ermutigt) wird. Die fossilen Zeugnisse stützen ihn nicht; es hat Massenausrottungen und abrupte Entstehungen gegeben. Wir können die Evolution nicht demonstrieren, indem wir die stetigen Wandlungen irgendeines Brachiopoden verzeichnen, als ob wir einen Hügel hinaufgingen. Um diese unangenehme Wahrheit zu umgehen, haben sich die Paläontologen an die außerordentliche Lückenhaftigkeit der fossilen Zeugnisse gehalten – es fehlen alle Zwischenstadien in einem Bericht, der nur ein paar Worte aus ein paar Zeilen von ein paar Seiten bewahrt, die aus unserem Buch der Geologie übrig sind. Sie haben ihre aktualistische Orthodoxie um den ungewöhnlich hohen Preis der Annahme aufrechterhalten, daß die fossilen Zeugnisse nie den Gegenstand ihrer Untersuchungen vollständig aufweisen. Aber ich glaube nicht, daß der Gradualismus überhaupt allein gültig ist (in Wirklichkeit vermute ich sogar, daß er ziemlich selten ist). Die natürliche Auslese enthält kein Prinzip ihrer Raten. Sie kann einen raschen (in geologischen Begriffen augenblicklichen) Wandel durch Spezialisierung in kleinen Populationen ebenso umfassen wie die traditionelle und unermeßlich langsame Veränderung ganzer Abstammungslinien.

Aristoteles stellte die These auf, die meisten Kontroversen ließen sich in der aurea mediocritas, der goldenen Mitte lösen. Die Natur ist so wunderbar komplex und vielfältig, daß fast alles, was möglich ist, auch geschieht. Kapitän Corcorans »kaum je« ist die stärkste Behauptung, die ein Naturkundler machen kann. Wer glatte, definitive, umfassende Antworten auf die Probleme des Lebens sucht, muß anderswo suchen, nicht in der Natur. Übrigens zweifle ich daran, daß eine ehrliche Suche überhaupt irgendwo solche Antworten erbringt. Wir können kleine Fragen endgültig beantworten (ich weiß, daß die Welt niemals eine Ameise von sieben Meter Länge sehen wird). Mit mittleren Fragen kommen wir ganz gut zurecht (ich bezweifle, daß der Lamarckismus jemals eine Auferstehung als lebensfähige Evolutionstheorie erfahren wird). Aber die wirklich großen Fragen unterliegen dem Reichtum der Natur – Wandel kann gelenkt oder ziellos sein, graduell oder katastrophisch, selektiv oder neutral. Ich werde mich weiterhin an der Vielfalt der Natur erfreuen und die Schimäre der Sicherheit den Pfarrern und Politikern überlassen.

BIBLIOGRAPHIE

- Ardrey, R., *African Genesis*, Ed. Collins 1961.
ders., *The territorial Imperative*, Ed. Collins 1967.
Berkner, L. V., und Marshall, L., »The History of oxygenic concentration in the earth's atmosphere«, in: *Discussions of the Faraday Society*, 37 (1964), S. 12–41.
Bethell, T., »Darwin's Mistake«, in: *Harpers*, Februar 1976.
Bettelheim, B., *Kinder brauchen Märchen*, Stuttgart 1977.
Bolk, L., *Das Problem der Menschwerdung*, Jena 1926.
Burstyn, H. L., »If Darwin wasn't the Beagle's naturalist, why was he on board«, in: *British Journal for the History of Science*, 8 (1975), S. 62–69.
Coon, C., *The origin of races*, New York 1962.
Darwin, C., *The origin of species*, London 1859 (Faksimile-Ausgabe, Hrsg. E. Mayr, Harvard 1964). Dt.: *Die Entstehung der Arten*.
ders., *The descent of man*, London 1871, zwei Bände. Dt.: *Die Abstammung des Menschen*.
ders., *The expression of the emotions in men and animals*, London 1872. Dt.: *Der Ausdruck der Gemütsbewegungen bei dem Menschen und den Tieren*.
ders., Autobiographie in: F. Darwin, Hrsg., *The Life and Letters of Charles Darwin*, Bd. 1, London 1887.
Dybus, H. S., und Lloyd, M., »The habits of 17-year periodical cycadas (Homoptera: Cicadidae: Magicicada spp.)«, in: *Ecological Monographs*, 44 (1974), S. 279–324.
Ellis, H., *Man and Woman*, New York 1894.
Engels, F., *Anteil der Arbeit an der Menschwerdung des Affen* (1876), Berlin 1946.
Eysenck, H. J., *The IQ argument: race, intelligence and education*, New York 1971.
Freud, S., *Das Unbehagen in der Kultur* (1930), in: *Gesammelte Werke*, Bd. XIV, London 1948.
Gardner, R. A., und Gardner, B. T., »Early signs of language in child and chimpanzee«, in: *Science*, 187 (1975), S. 752–53.
Geist, V., *Mountain sheep: a study in behavior and evolution*, Chicago 1971.
Gould, S. J., »The evolutionary significance of »bizarre« structures: antler size and skull size in the »Irish Elk«, *Megaloceros giganteus*«, in: *Evolution*, 28 (1974), S. 191–220.
Gould, S. J.; Raup, D. M.; Sepkoski, J. J., Jr.; Schopf, T. J. M., und Simberloff, D. S., »The shape of evolution – a comparison of real and random clades«, in: *Palaeobiology*, 3 (1977).
Gruber, H. E., und Barrett, P. H., *Darwin on Man: a psychological study on scientific creativity*, New York 1974.
Gruber, J. W., »Who was the Beagle's naturalist?«, in: *British Journal for the History of Science*, 4 (1969), S. 266–82.
Hamilton, W. D., »The genetical theory of social behavior«, in: *Journal of*

- Theoretical Biology, 7 (1964), S. 1–52.
- Harris, M., *Cows, pigs, wars and witches: the riddles of culture*, New York 1974.
- Huxley, A., *After many a summer dies the swan*, London 1939.
- Huxley, J., *Problems of relative growth*, London 1932.
- Janzen, D., »Why bamboos wait so long to flower«, in: *Annual Review of Ecology and Systematics*, 7 (1976), S. 347–91.
- Jensen, A. R., »How much can we boost IQ and scholastic achievement?«, in: *Harvard Educational Review*, 39 (1969), S. 1–123.
- Jerison, H. J., *Evolution of the brain and intelligence*, New York 1973.
- Johnston, R. F., und Selander, R. K., »House sparrows: rapid evolution of races in North America«, in: *Science*, 144 (1964), S. 548–50.
- Kamin, L., *The science and politics of IQ*, Potomac 1974.
- King, M. C., und Wilson, A. C., »Evolution at two levels in humans and chimpanzees«, in: *Science*, 188 (1975), S. 107–16.
- Koestler, A., *The case of the midwife toad*, New York 1967. Dt.: *Der Krötenesser*, Wien/München/Zürich 1972.
- Kraemer, L. R., »The mantle flaps in three species of Lampsilis (Pelecypoda: Unionidae)«, in: *Malacologia*, 10 (1970), S. 225–82.
- Krogman, W. M., *Child growth*, Ann Arbor 1972.
- Lloyd, M., und Dybus, H. S., »The periodical cicada problem«, in: *Evolution*, 20 (1966), S. 133–49.
- Lockard, J. S.; McDonald, L. L.; Clifford, D. A., und Martinez, R., »Panhandling: sharing of resources«, in: *Science*, 191 (1976), S. 406–408.
- Lombroso, C., *Der Verbrecher (Homo delinquens) in anthropologischer, ärztlicher und juristischer Beziehung*, 2 Bde., Hamburg 1890–94.
- Lorenz K., *Das sogenannte Böse. Zur Naturgeschichte der Aggression*, Wien 1963.
- Lull, R. S., *Organic evolution*, New York 1924.
- MacArthur, R., und Wilson, E. O., *The theory of island biogeography*, Princeton 1967.
- Margulis, L., »Five-kingdom classification and the origin and evolution of cells«, in: *Evolutionary Biology*, 7 (1974), S. 45–78.
- Martin, R., »Strategies of reproduction«, in: *Natural History*, November 1975, S. 48–57.
- Mayr, E., *Systematics and the origin of species*, New York 1942.
- Montagu, A., »Neonatal and infant immaturity in man«, in: *Journal of the American Medical Association*, 178 (1961), S. 56–57.
- ders., Hrsg., *The Concept of Race*, London 1964.
- Morris, D., *The naked Ape*, New York 1967.
- Oxnard, C., *Uniqueness and diversity in human evolution: morphometric studies of australopithecines*, Chicago 1975.
- Passingham, R. E., »Changes in the size and organization of the brain in man and his ancestors«, in: *Brain, Behavior and Evolution*, 11 (1975), S. 73–90.
- Pilbeam, D., und Gould, S. J., »Size and scaling in human evolution«, in: *Science*, 186 (1974), S. 892–901.

- Portmann, A., »Die Ontogenese des Menschen als Problem der Evolutionsforschung«, in: *Verhandlungen der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft*, 1945, S. 44–53.
- Press, F., und Siever, R., *Earth*, San Francisco 1974.
- Raup, D. M.; Gould, S. J.; Schopf, T. J. M., und Simberloff, D., »Stochastic models of phylogeny and the evolution of diversity«, in: *Journal of Geology*, 81 (1973), S. 525–42.
- Ridley, W. I., »Petrology of lunar rocks and implication to lunar evolution«, in: *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 1976, S. 15–48.
- Samuelson, P., »Social Darwinism«, in: *Newsweek*, 7. Juli 1975.
- Schopf, J. W., und Oehler, D. Z., »How old are the eukaryotes?«, in: *Science*, 193 (1976), S. 47–49.
- Schopf, T. J. M., »Permo-Triassic extinctions: relation to seafloor spreading«, in: *Journal of Geology*, 82 (1974), S. 129–43.
- Simberloff, D. S., »Permo-Triassic extinctions: effects of area on biotic equilibrium«, in: *Journal of Geology*, 82 (1974), S. 267–74.
- Stanley, S., »An ecological theory for the sudden origin of multicellular life in the Late Precambrian«, in: *Proceedings of the National Academy of Science*, 70 (1973), S. 1486–89.
- ders., »Fossil data and the Precambrian-Cambrian evolutionary transition«, in: *American Journal of Science*, 276 (1975), S. 56–76.
- Tiger, S., und Fox, R., *The imperial animal*, New York 1971.
- Trivers, R., und Hare, H., »Haplodiploidy and the evolution of social insects«, in: *Science*, 191 (1976), S. 249–63.
- Ulrich, H.; Petalas, A., und Camenzind, R., »Der Generationswechsel von *Mycophila speyeri* Barnes, einer Gallmücke mit pädogenetischer Fortpflanzung«, in: *Revue suisse de zoologie*, 79 (Supplement) (1972), S. 75–83.
- Velikovsky, I., *Worlds in Collision*, New York 1950. Dt.: *Welten im Zusammenstoß*, Frankfurt am Main 1978.
- ders., *Earth in upheaval*, New York 1955. Dt.: *Erde im Aufruhr*, Frankfurt am Main 1980.
- Wegener, A., *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*, 3. gänzlich umgearbeitete Aufl., Braunschweig 1922.
- Welsh, J., »Mussels on the move«, in: *Natural History*, Mai 1969, S. 56–59.
- Went, F. W., »The size of man«, in: *American Scientist*, 56 (1968), S. 400–413.
- Whittaker, R. H., »New concepts of kingdoms of organisms«, in: *Science*, 163 (1969), S. 150–60.
- Wilson, E. O., *Sociobiology*, Cambridge, Mass., 1975.
- ders., »Human decency is animal«, in: *New York Times Magazine*, 12. Oktober 1975.
- Young, J. Z., *An introduction to the study of man*, Oxford 1971.

Erich
Fromm

Die Furcht vor der Freiheit

Ullstein Buch 35178



Ullstein Materialien

Fromms Schrift entstand in einer Zeit, als mit dem Faschismus in Europa deutlich wurde, daß, wer für die Freiheit votierte, vor einem historischen neuen Widersacher stand. Es war nicht mehr nur die äußere und offene Unterdrückung der Freiheit, als vielmehr ihre Selbstaufgabe durch die Menschen. Auch heute geht es, spricht man von der Freiheit, nicht nur um die politischen Institutionen, sondern gleichermaßen um die Bereitschaft der Menschen, sich ihrer zu bedienen oder ihre Freiheitschancen preiszugeben. Diese Konstellation verlangt nach einer psychologischen Erklärung der Tendenzen zur Unfreiheit.

Smiley Blanton

Tagebuch meiner Analyse bei Sigmund Freud

Ullstein Buch 3205

Smiley Blanton, amerikanischer Psychiater und Psychoanalytiker, gibt detailliert seine Erinnerungen an eine Analyse bei Freud wieder. Die authentischen, bislang unbekannten Bemerkungen und Aussagen Freuds sind von verschiedenen Gesichtspunkten aus sehr bemerkenswert. Sie berühren wichtige Aspekte der Theorie und Praxis der Psychoanalyse und geben Aufschluß über die besondere Behandlungsweise Freuds gegen Ende seines Lebens.



Ullstein Materialien

Dörte
von
Drigalski

Blumen auf Granit

Eine Irr- und Lehrfahrt
durch die deutsche
Psychoanalyse

Ullstein Buch 35036

Wird die Psychoanalyse zu
einer Gefahr für die seelische
Gesundheit werden?
Die Autorin – Ärztin und
Psychotherapeutin – gibt hier
einen Bericht über ihre
Psychoanalyse, die von Lehr-
analytikern der Deutschen
Psychoanalytischen Ver-
einigung durchgeführt wurde,
und wirft die provokante
Frage nach Therapieschäden
auf.



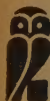
Ullstein Materialien

Béla
Grunberger/
Janine
Chasseguet-
Smirgel

Freud oder
Reich?

Ullstein Buch 3583

Die Autorinnen räumen mit den Klischees von »bürgerlicher Psychoanalyse« und »progressivem Pseudo-Marxisten« auf und weisen argumentativ nach, wie sich in derart dualistischen Aufspaltungen zuallererst Ideologie einnistet, reaktionäre Thesen breitmachen.



Ullstein Materialien

Gustav Fischer informiert

Schmidt

Wettbewerbstheorie und -politik

1981. DM 32,-

Pütz

Wirtschaftspolitik

Band 1 · Grundlagen der theoretischen Wirtschaftspolitik

4., Aufl. 1979. DM 29,-

Band 2 · Währungspolitik · Konjunktur- und

Beschäftigungspolitik

2., Aufl. 1984. Etwa DM 26,-

Band 3 · Wachstumspolitik · Verteilungspolitik

1971. DM 29,-

Leipold

Wirtschafts- und Gesellschaftssysteme im Vergleich

3., Aufl. 1981. DM 19,80 (UTB 481)

Stützel/Watrin/Willgerodt/Hohmann

Grundtexte zur Sozialen Marktwirtschaft

Zeugnisse aus zweihundert Jahren ordnungspolitischer

Diskussion. 1981. DM 48,-

Bohling

Wirtschaftsordnung und Grundgesetz

Eine Einführung in die Grundprobleme für Wirtschafts-
wissenschaftler, Juristen und Politologen

1981. DM 16,80 (UTB 1118)

Ritter/Zinn

Grundwortschatz wirtschaftswissenschaftlicher

Begriffe

Englisch-Deutsch/Deutsch-Englisch

3., Aufl. 1984. Etwa DM 18,80 (UTB 644)

Preisänderungen vorbehalten

Gustav Fischer Verlag · Stuttgart

DM 19.80 ISBN 3 548 35207 3

Inhalt: Prolog · Darwinia (Darwins Verspätung · Darwins unzeitiges Begräbnis · u. a.) · Menschliche Evolution (Das Kind als wahrer Vater des Mannes · Menschliche Säuglinge als Embryos · u. a.) · Sonderbare Organismen und Beispiele der Evolution (Organische Weisheit oder: Warum soll eine Fliege ihre Mutter von innen auffressen? · u. a.) · Strukturen und Einschnitte in der Geschichte des Lebens (Das Fünfeck des Lebens · u. a.) · Theorien über die Erde (Der schmutzige kleine Planet von Hochwürden Burnet · u. a.) · Größe und Gestalt, von Kirchen über Hirne zu Planeten (Taxierung der menschlichen Intelligenz · u. a.) · Die Naturwissenschaft in der Gesellschaft – eine historische Betrachtung (Die Haltung macht den Menschen aus · u. a.) · Wissenschaft und Politik der menschlichen Natur (Ein Tier, so klug und freundlich · u. a.) · Epilog · Bibliographie

Ullstein Materialien

